



**USAGE SCOLAIRE DE DOCUMENTS D'ORIGINE
NON SCOLAIRE EN SCIENCES
PHYSIQUES:Eléments pour un état des lieux et étude
d'impact d'un accompagnement ciblé en classe de
seconde**

Ivan Feller

► **To cite this version:**

Ivan Feller. USAGE SCOLAIRE DE DOCUMENTS D'ORIGINE NON SCOLAIRE EN SCIENCES PHYSIQUES:Eléments pour un état des lieux et étude d'impact d'un accompagnement ciblé en classe de seconde. Education. Université Paris-Diderot - Paris VII, 2008. Français. NNT : . tel-00366318

HAL Id: tel-00366318

<https://theses.hal.science/tel-00366318>

Submitted on 6 Mar 2009

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Université Denis DIDEROT Paris VII

**Laboratoire de Didactique des Sciences Physiques
Ecole doctorale « savoirs scientifiques : Epistémologie, Histoire des
Sciences, Didactique des Disciplines ».**

THESE

Soutenue le 26 Juin 2008 pour obtenir le diplôme de DOCTORAT

Présentée par

Ivan FELLER

USAGE SCOLAIRE DE DOCUMENTS

D'ORIGINE NON SCOLAIRE

EN SCIENCES PHYSIQUES:

Eléments pour un état des lieux

et étude d'impact d'un accompagnement ciblé

en classe de seconde

JURY

M. CORBEL Stéphane

Mme JIMENEZ-ALEIXANDRE, M.P.

M. TRIQUET Eric

Mme VIENNOT Laurence

M. Philippe COLIN

Université Paris VII

**Université St Jacques
de Compostelle (Espagne)**

IUFM de Grenoble

Université Paris VII

IUFM Nord Pas-de-Calais

Examineur

Rapporteur

Rapporteur

Directrice de Thèse

Co-Directeur de Thèse

Université Denis DIDEROT Paris VII

**Laboratoire de Didactique des Sciences Physiques
Ecole doctorale « savoirs scientifiques : Epistémologie, Histoire des
Sciences, Didactique des Disciplines ».**

THESE

Soutenue le 26 Juin 2008 pour obtenir le diplôme de DOCTORAT

Présentée par

Ivan FELLER

USAGE SCOLAIRE DE DOCUMENTS

D'ORIGINE NON SCOLAIRE

EN SCIENCES PHYSIQUES:

Eléments pour un état des lieux

et étude d'impact d'un accompagnement ciblé

en classe de seconde

JURY

M. CORBEL Stéphane

Mme JIMENEZ-ALEIXANDRE, M.P.

M. TRIQUET Eric

Mme VIENNOT Laurence

M. Philippe COLIN

Université Paris VII

**Université St Jacques
de Compostelle (Espagne)**

IUFM de Grenoble

Université Paris VII

IUFM Nord Pas-de-Calais

Examineur

Rapporteur

Rapporteur

Directrice de Thèse

Co-Directeur de Thèse

REMERCIEMENTS

Je voudrais ici remercier Mme Maria Pilar Jimenez-Aleixander et M. Eric Triquet d'avoir accepté d'être rapporteurs de ce mémoire et membres du Jury, montrant ainsi l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail en dépit de leurs nombreuses occupations.

En acceptant d'être membre du Jury et examinateur, M. Stéphane Corbel témoigne de tout l'intérêt que les chercheurs physiciens peuvent porter à la didactique de leur discipline. Je lui exprime ici toute ma reconnaissance.

J'aimerais également remercier toute l'équipe du LDSP de Paris VII, qui tout au long de ces années a soutenu et encouragé ce travail. En particulier Cécile De Hosson qui fut une lectrice avisée et Evelyne Scaron qui m'a grandement facilité la tâche par son aide notamment lors de la retranscription des entretiens. Je voudrais associer également à ce travail, les étudiants qui ont fait le chemin avec moi depuis le DEA. J'en garde le souvenir de moments forts à l'origine d'une grande motivation pour entreprendre cette thèse.

En tant que chercheur-enseignant, mes remerciements iront ensuite aux différents membres des établissements que j'ai fréquentés tout au long de cette recherche : Le Lycée Blanche de Castille à Villemomble (93), Le Lycée Jeanne d'Arc à Albertville (73) et le Lycée Saint-Michel à Annecy (74). Je remercie en premier lieu les chefs d'établissements et les membres des équipes éducatives lesquels m'ont accordé toutes les facilités possibles et m'ont manifesté un soutien constant. Je remercie ensuite mes collègues qui se sont prêtés au jeu des questionnaires et n'ont eu de cesse d'exprimer une curiosité bienveillante et critique à l'endroit de mon travail. Leurs encouragements et les discussions que j'ai pu avoir avec eux ont permis à cette recherche de rester ancrée dans les réalités de l'enseignement. Bien sûr, je voudrais enfin témoigner ma gratitude à tous les élèves. Ils ont grandement contribué à la réalisation de cette entreprise : sans leur participation active, rien n'eût été possible.

Un grand merci également à Philippe et Marie pour le temps passé sur les traductions de l'anglais et de l'espagnol.

Cette recherche fut particulièrement longue, aussi, je voudrais témoigner ma gratitude à ma famille et à mes amis qui m'ont supporté, encouragé et motivé tout au long de cette aventure. Merci donc à Isabelle et Mélissa, à Michèle, Jacques F., Jacques R., William, Chara, Marc, Catherine et tant d'autres que je n'oublie pas...

Enfin, je voudrais terminer ces remerciements en saluant le travail de mes deux co-directeurs de thèse. Je voudrais dire ici, combien il fut agréable et instructif de travailler à trois pendant ces longues séances, où je conserverais l'impression que jamais une minute ne fut perdue.

A Philippe Colin tout d'abord, qui par son regard critique a contribué à faire avancer ce travail. Les discussions et les débats ont toujours été constructifs. Ses encouragements et sa gentillesse ne sont pas étrangers à la réussite de ce travail.

A Laurence Viennot enfin, à qui je voudrais témoigner, ici, l'immense fierté d'avoir travaillé avec elle. A toutes les étapes de ce travail elle a fait preuve d'un professionnalisme sans faille. L'exigence et la rigueur qui ont accompagné cette direction, tout en conservant

humanité et compréhension m'ont permis de mener cette entreprise à son terme. De ces séances de travail, je retiendrai bien plus que des connaissances et des méthodes dans le simple champ de la Didactique. J'aurais eu la chance et l'honneur de profiter de sa dernière direction de thèse... Simplement : Merci !

*Ce n'est pas le chemin qui est difficile,
c'est le difficile qui est le chemin.
Sören Kierkegaard (1813-1855)*

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	7
---------------------------------	----------

INTRODUCTION : <i>CONTEXTE, QUESTIONS ET DÉMARCHE DE LA RECHERCHE</i>.....	11
---	-----------

1. CONTEXTE DE L'ETUDE	11
2. PREMIER ECLAIRAGE BIBLIOGRAPHIQUE ET ORIENTATION D'ENSEMBLE	13
3. LA COHERENCE INTERNE ET LE POUVOIR PREDICTIF DES THEORIES : FONDEMENT POUR L'ANALYSE CRITIQUE...ET FACTEUR DE SATISFACTION INTELLECTUELLE ?	17
4. APTITUDES DES ELEVES ET ETUDIANTS : QUELQUES CONSTATS ANTERIEURS	18
5. DEBAT CRITIQUE : SITUATION DE L'ETUDE PAR RAPPORT A CELLES QUI CONCERNENT DES QUESTIONS SOCIALEMENT SENSIBLES	20
6. L'ACCEPTABILITE PAR LES ENSEIGNANTS : UN CHOIX STRATEGIQUE.....	22
7. RETOUR SUR LE CADRE THEORIQUE DE L'EXPERIMENTATION DIDACTIQUE	23
8. LE GUIDE, L'ENSEIGNANT ET LE CHERCHEUR.....	25
9. UNE INTERVENTION QUI S'ETEND DANS LA DUREE	27
10. CHOIX DES DOCUMENTS UTILISES.....	28
11. ANALYSE CRITIQUE DE DOCUMENT : UN ACCENT SUR LA HIERARCHIE DES « EFOP ».....	31
12. DEMARCHE D'INVESTIGATION.....	32
13. PLAN DE LA THESE.....	33

1^{ERE} PARTIE UTILISATION DE LA VS A L'ECOLE ? DEUX SONDAGES SUR LES PRATIQUES

EN CLASSE.....	35
-----------------------	-----------

1. INTRODUCTION	37
2. RAPPORT DES ELEVES ET DES ENSEIGNANTS A LA VS A L'ECOLE ET EN DEHORS DE L'ECOLE	37
2.1. <i>L'essentiel des résultats de l'enquête</i>	38
2.2. <i>Les résultats de l'enquête en détail</i>	42
3. PREPARER ET EXPLOITER UNE VISITE DE MUSEE : LES INTERROGATIONS DES PROFESSEURS.	50
3.1. <i>L'essentiel des résultats de l'enquête.</i>	50
3.2. <i>L'enquête en détail</i>	53
4. CONCLUSION	71

2^{EME} PARTIE PREMIERES INFORMATIONS OBTENUES A LA LECTURE DES DONS PAR LES

ELEVES ET PAR LES PROFESSEURS.....	73
---	-----------

1. DOCUMENTS D'ORIGINE NON SCOLAIRE (DONS)	75
2. PRESENTATION DES DOCUMENTS.....	81
2.1. <i>Rappel de nos critères de choix</i>	81
2.2. <i>Le document « Extra-terrestres » ou document « ET »</i>	82
2.3. <i>Le document sur « le décalage vers le rouge des galaxies » ou document « Galaxies »</i>	87
2.4. <i>Le document « Matière »</i>	91
3. PREMIERES REACTIONS DES ELEVES ET DES ENSEIGNANTS AUX DOCUMENTS « ET » ET « GALAXIES » ..	96

3.1.	<i>Méthodologie d'investigation</i>	96
3.2.	<i>Résumé des premiers résultats concernant les élèves et les professeurs à propos des documents « ET » et « Galaxies »</i>	97
3.3.	<i>Les résultats de l'enquête en détail</i>	103
4.	CONCLUSION SUR LES PREMIERES REACTIONS DES ELEVES ET DES PROFESSEURS.....	142
3^{EME}	PARTIE UTILISATION DE DONS DANS LA CLASSE: SEANCES DE GUIDAGE POUR UNE APPROCHE CRITIQUE ET CONCEPTUELLE DES DOCUMENTS PAR LES ELEVES DE SECONDE GENERALE.	145
1.	INTRODUCTION	147
2.	METHODOLOGIE	149
3.	ANALYSE DES SEANCES DE GUIDAGE.....	153
3.1.	<i>Séance 1) : questionnaire sur le document « ET ».</i>	153
3.2.	<i>Séance 2) : Impact de la séance de guidage sur le document « ET ».</i>	165
3.3.	<i>Séance 3) : questionnaire sur le document « Galaxies ».</i>	180
3.4.	<i>Séance 4) : Impact de la séance de guidage sur le document « Galaxies ».</i>	190
3.5.	<i>Analyse du travail rendu par les élèves sur le document « Matière »</i>	203
4.	EXPERIMENTATION EN CLASSE : CONCLUSION.....	225
4^{EME}	PARTIE UNE EVALUATION DU TRAVAIL D'ANALYSE SUR LES DONS PAR LES ELEVES ET PAR LES PROFESSEURS	227
1.	INTRODUCTION	229
2.	EVALUATION DU TRAVAIL SUR LE DOCUMENT « MATIERE » PAR LES PROFESSEURS	230
2.1.	<i>Présentation des questionnaires proposés aux professeurs.</i>	230
2.2.	<i>Comment les professeurs travailleraient sur le document « Matière »</i>	233
2.3.	<i>Point de vue des professeurs sur le travail d'analyse proposé aux élèves sur le document « Matière »</i>	238
2.4.	<i>Conclusion sur le positionnement des professeurs sur l'étude d'un DONS</i>	244
3.	EVALUATION PAR LES ELEVES DU TRAVAIL DE L'ANNEE	246
3.1.	<i>Présentation du questionnaire</i>	246
3.2.	<i>Positionnement des élèves sur le travail en classe</i>	246
3.3.	<i>Positionnement des élèves sur le travail à la maison</i>	251
3.4.	<i>A propos de la satisfaction des élèves</i>	255
3.5.	<i>Conclusion sur le bilan fait par les élèves</i>	260
4.	CONCLUSION DE L'EVALUATION PAR LES ELEVES ET LES PROFESSEURS	261
	CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	263
1.	LE CONTEXTE SOCIO-EDUCATIF DE LA RECHERCHE : QUELQUES INDICES DE TENDANCES RELATIVEMENT A L'USAGE DES DOCUMENTS D'ORIGINE NON SCOLAIRE.....	265
2.	L'EXPERIMENTATION DE L'UTILISATION DES DONS EN CLASSE	266
3.	EXTENSION ET APPROFONDISSEMENT DE CETTE RECHERCHE.....	272

4. PERSPECTIVES POUR L'ENSEIGNEMENT	275
BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES.....	279
ANNEXES	291

INTRODUCTION :

Contexte, questions et démarche de la recherche

1. CONTEXTE DE L'ETUDE

Dans notre société de l'information et de la communication, la place des médias est régulièrement questionnée à propos des liens à tresser entre information et éducation. Il n'est donc pas surprenant que, depuis plus d'une vingtaine d'années, une volonté se soit dégagée pour encourager cette mise en relation. Education aux médias, en particulier à l'image, et éducation à la citoyenneté, cette dernière étant souvent associée à un « développement de l'esprit critique », sont des thèmes en faveur. Il suffit de consulter les moteurs de recherche sur la toile pour s'en convaincre.

En France, à titre d'exemple, la politique des institutions de diffusion de la science fait apparaître depuis de nombreuses années le souci de développer la culture scientifique. Par delà de nombreux débats sur la place de la vulgarisation scientifique (voir dès les années 70 : Roqueplo, 1974, Jurdant, 1975), nous assistons à un effort considérable visant la mise en contact du grand public et de la science dans différents lieux (Centres de Culture Scientifique Technique et Industrielle, Cité des Sciences et de l'Industrie de la Villette, Palais de la Découverte) à l'occasion notamment de diverses manifestations telles les journées de la Fête de la Science. La désaffectation des filières scientifiques a contribué à renforcer cet effort de communication.

Du côté de la recherche, de nombreux travaux ont été menés sur le lien entre école et musée, les uns avec une entrée marquée par les conceptions (Guichard, 1999), les autres plus axée sur la problématique de la transposition (Triquet, 2006). Un autre courant de recherche spécifiquement centré sur l'enseignement scientifique est apparu depuis quelques années : il s'agit de la didactique des questions socio-scientifiques. Ces travaux ont pour principal objet l'argumentation avancée par les élèves autour de ces questions ainsi que les protocoles de médiation mis en œuvre (pour un état des lieux voir Molinatti, 2007). Nous y reviendrons plus avant dans cette introduction.

Qu'en est-il en France concernant cet aspect de l'enseignement des sciences? Un récent rapport de l'inspection académique sur l'enseignement de la physique au collège nous informe que les élèves sont plutôt sensibles aux sources d'origine non scolaire pour la présentation de la science : « *Les itinéraires de découverte, les ateliers scientifiques et techniques emportent l'adhésion des élèves. Les élèves apprécient les visites d'usine ou de musées scientifiques. Ils déplorent parfois l'absence de sorties scientifiques. Ils apprécient les activités documentaires ou ludiques sur la science. Tout ce qui est projet, de préférence tourné vers l'extérieur de l'école, est apprécié* » (Ministère de l'Éducation Nationale, Rapport - n° 2006-091, novembre 2006, p.14). Culture scientifique et éducation citoyenne sont les mots clés du discours : « *Les enjeux de l'enseignement scientifique au collège sont grands, et l'un des points essentiels est bien l'acquisition d'une culture scientifique, indispensable à la formation du citoyen moderne et à sa nécessaire adaptation aux évolutions de notre monde (...). Les chantiers qui s'ouvrent, tous tournés vers ce même but à atteindre, sont nombreux : mettre en place une véritable continuité des apprentissages entre l'école et le collège ; renforcer la culture didactique et épistémologique des enseignants et de l'encadrement pour favoriser les pédagogies aptes à susciter l'intérêt des élèves pour les*

sciences, la compréhension raisonnée des démarches scientifiques ainsi que le rôle et la place des sciences dans la société ; favoriser le développement de l'initiative, de l'autonomie, de l'esprit critique ; contribuer à la maîtrise des outils modernes de communication et d'information » (ibid., p.17). La nécessité d'une formation des enseignants est soulignée, ainsi que la palette des compétences à développer chez les élèves, en particulier leur esprit critique. Toutefois, ce même rapport indique qu'un travail important de mise en œuvre reste à accomplir : « La présente enquête montre à la fois la grande prise de conscience des professeurs quant à l'importance de cette question, et la marge de progression qui existe quant à sa mise en œuvre pratique, concrète, dans la classe ». (ibid., p.17). C'est ce que confirme une étude du CLEMI (CLEMI, 2006) relativement aux thèmes de l'éducation aux médias et à l'image : les instructions officielles mettent peu l'accent sur ces thèmes en sciences, notamment en sciences physiques.

Nous retrouvons, à propos des activités de recherche documentaire, un décalage entre, d'une part, des objectifs transversaux qui emportent l'adhésion et d'autre part, le peu de propositions d'activités possibles en classe avec une définition précise des objectifs visés. Ainsi, les programmes officiels incitent-ils les enseignants à pratiquer une recherche documentaire avec leurs élèves de façon régulière : le nouveau programme de 5ème qui est entré en vigueur à la rentrée 2006, propose une quinzaine de recherches documentaires comme exemples d'activités. De même, la mise en place des TPE (travaux personnels encadrés) en classe de Première au lycée a confronté les élèves à une multitude de documents de vulgarisation. Mais, la consultation de documents officiels de l'Education Nationale laisse l'impression d'un certain flou au niveau des objectifs visés lors de ces activités : « *La physique-chimie contribue aussi à l'enseignement du français par la pratique d'activités documentaire...* ». Cet objectif interdisciplinaire très large est associé à une compétence exigible un peu plus précise : « *Savoir lire un texte simple contenant des données en liaison avec le programme et en extraire des informations pertinentes* » (BOEN HS n°5 Août 2005). Concernant les TPE, le document d'accompagnement officiel lors de leur mise en place en 2001 recommande : « *Quelle que soit la production envisagée, la démarche doit impérativement comporter des phases de recherche et d'exploitation de documents. Ce travail documentaire permet, à son tour, d'affiner la problématique et de décider de la réalisation la plus cohérente avec le sujet choisi* ». L'accent est mis sur la sélection d'informations : « *Au cours des différentes étapes de la recherche et de la production du TPE, les enseignants suivent les élèves dans leur progression, et vérifient la pertinence des informations sélectionnées par rapport au sujet choisi* ». Nous retrouvons un encouragement à une utilisation de ressources non scolaires sans qu'un guidage soit proposé pour la construction et la mise en place de ces activités. Il n'est, par exemple, pas précisé quels sont les critères de pertinence concernant la sélection des documents, ni leurs modalités d'introduction auprès des élèves. Nous rejoignons sur ce point Molinatti (2007) qui souligne l'absence de propositions concrètes d'activités didactiques adaptées et d'une formation des enseignants.

Notons pourtant que le document d'accompagnement de terminale scientifique (programme 2002) propose non seulement des incitations à l'activité de lecture critique de document, mais bien un guide pour l'enseignant soucieux de s'y engager. On peut y lire (p. 1) que « *l'élève doit être capable de trier, hiérarchiser, sélectionner, structurer l'information et les connaissances afin de pouvoir s'en servir pour la constitution de son savoir* ». La dernière page de ce document le rappelle : « *les élèves ont trop tendance à donner la même confiance dans (sic) toutes les informations quelle que soit leur origine* ». Nous retenons avec intérêt ces points de vue, l'idée de hiérarchie, et celle d'une confiance qui se discute. Sans doute pourtant, n'est-ce pas avant tout l'origine qui sera notre critère de confiance que le sondage du contenu à l'aune de deux dimensions : cohérence interne et compatibilité avec des

connaissances établies. Cette dernière catégorie est certes sujette à caution, mais nous suggérons qu'elle n'est pas vide, si l'on entend par là un niveau de consensus analogue à celui, par exemple, qui concerne le fait que la lune n'est pas à trois kilomètres de la Terre, ou que la gravitation universelle met en jeu l'inverse des carrés des distances entre objets en interaction.

On observe que les exemples fournis par le document d'accompagnement, tous accompagnés de propositions de question, font une large place à la science en constitution (Képler, Huygens, Galilée), tablant sur l'hypothèse que « *la science attirera d'autant plus l'intérêt des jeunes et des moins jeunes qu'elle donnera à voir sa vie et son histoire* ». Dans notre étude, et malgré la valeur d'un tel objectif, ce paramètre n'intervient pas. Non pas qu'il ne soit pas susceptible de susciter l'intérêt, ou le plaisir d'une identification rassurante entre les promoteurs historiques de la science et leurs jeunes émules, via les erreurs de leurs parcours respectifs (de Hosson et Kaminski 2006, 2007). Mais nous souhaitons ne pas accumuler dans la même étude trop de composantes susceptibles d'interférer, et nous limiter à des éléments de satisfaction intellectuelle liés à une compréhension d'un contenu qui s'approfondit, à propos d'un document de vulgarisation contemporaine.

Notre réflexion portera ainsi sur l'affinement des objectifs visés pour l'enseignement en cette matière, sur le choix et les modalités de travail en classe avec appui sur des ressources d'origine non scolaire et à l'impact que peuvent avoir sur les élèves et sur les professeurs ce type d'activité. A ce stade, il nous a fallu, bien sûr, limiter nos objectifs. Les lignes qui suivent précisent les éléments de réflexion qui ont guidé notre choix.

Le texte de vulgarisation scientifique, dans le contexte de l'enseignement secondaire, a cette particularité qu'il peut sembler, de par sa forme, se substituer à l'enseignement lui-même (voir à propos des médias, Barthélémy Fabrice, Journalistes et enseignants : concurrence ou interaction? 2000). En effet, contrairement au cas des professeurs de français ou d'histoire qui utilisent le document comme objet d'analyse, on pourrait penser que le texte explicatif scientifique peut faire office de cours. Si tel était le cas, son côté ludique ou spectaculaire le placerait en concurrence avec l'enseignement classique : il n'est pas interdit de penser (comme nous le verrons) que les adolescents sont plus attirés par les émissions ou les revues scientifiques que par les cours de sciences. De plus, ces émissions, ces revues sont peu, voire très peu, utilisées dans l'enseignement et il existe même une certaine méfiance à leur égard de la part des enseignants. Le risque de scission est donc fort entre éducation formelle (dans la classe) et éducation non formelle (toutes formes de vulgarisation scientifique hors de la classe).

A partir de ces constats, nous avons envisagé une alternative possible qui consiste à viser des objectifs d'ordre conceptuel, avec des documents qui, *a priori*, n'étaient pas destinés à cet effet, ou du moins empruntent des formes traditionnellement attachées à des cadres non scolaires. A la compréhension des concepts de la physique seront étroitement associés des objectifs plus transversaux liés principalement au développement de l'esprit critique. Nous développerons ce point central de notre étude plus loin.

2. PREMIER ECLAIRAGE BIBLIOGRAPHIQUE ET ORIENTATION D'ENSEMBLE

Si l'on cherche dans la littérature de recherche des points d'appui pour cette investigation, on note déjà l'intensité du débat, de longue date, sur la valeur informative de la vulgarisation scientifique (VS dans la suite).

Comme le remarque Roqueplo (1974 : p. 71) : « *même si les vulgarisateurs revendiquent une certaine complémentarité entre les rôles pédagogiques de la VS et de l'enseignement scolaire, ils sont parfaitement conscients du fait que la condition de possibilité de cette complémentarité réside dans l'enseignement lui-même. Cela les conduit d'une part à une sévère critique de cet enseignement et d'autre part à une recherche positive sur ce que devraient être les tâches respectives de l'école et de la vulgarisation* ». A en croire Roqueplo donc, la tâche de rendre la VS accessible à tous incombe largement à l'enseignement, et quant à former le médiateur idéal, Roqueplo en souligne le caractère illusoire à travers la caractérisation de ce qu'il nomme le « mythe du troisième homme ». Notre approche, en tout état de cause, consistera plutôt à préparer professeurs et élèves à utiliser *telles qu'elles sont* des productions destinées à la vulgarisation. Ce n'est donc pas du côté d'une VS idéalisée que nous nous tournons, mais vers un guidage approprié pour bénéficier de l'ordinaire – ce qui n'exclut pas la qualité d'ailleurs – servi pas les médias scientifiques.

Bien évidemment, définir les partenaires ne va pas sans définition d'objectifs. Roqueplo (ibid. p. 46) discute celui de pouvoir donner au public « une idée du savoir » : « *Selon cette conception de la VS, il n'est nullement exclu que sa pratique concrète exige la transmission pédagogique de telle ou telle connaissance, mais cette transmission ne constituerait pas la fonction primordiale du vulgarisateur : celle-ci consisterait non pas à transmettre un ensemble de connaissances mais une « idée » fournissant une « compréhension globale » de cet ensemble et des conditions de sa production* », et Roqueplo de s'interroger : « *Au demeurant quel serait le type de savoir exigé pour un tel contrôle : une « idée » des diverses sciences ? Mais que signifie cette prétention de transmettre une « idée » d'un savoir sans transmettre ce savoir lui-même ? Qu'est-ce que cette compréhension à la fois savante et ignorante ?* ». La réponse à une telle interpellation appelle des nuances, sous peine d'avoir à répondre à celle-ci : « sous quelles conditions de spécialisation dans un domaine peut-on prétendre avoir une idée de ce domaine ? ». Bien évidemment, ce débat ne se tranche pas en tout ou rien, sachant qu'on ne saurait rester paralysé devant l'évidence que toute connaissance est toujours partielle.

L'interrogation de Jacobi (2001) se situe, elle, davantage dans une logique d'alternative. Posant la question (p. 169) « *Peut-on s'instruire seul ou par d'autres moyens que ceux des leçons ou exercices en classe ?* », il argumente sa réponse sur la base des processus cognitifs d'apprentissage mobilisés, lesquels diffèrent selon qu'on se trouve en situation scolaire (public captif) ou face à la VS (public volontaire et libre). En effet, il semblerait que l'on ne mobilise pas les mêmes pôles de mémoire dans le contexte de l'éducation formelle et dans le contexte de l'éducation non formelle. Des psychologues (Lucas 1987, Reber 1993, Meulemans 1998a, 1998b) parlent de mémoire implicite, une forme de mémoire qui serait sollicitée dans le cadre de l'éducation non formelle, et Jacobi (2001) avance que cette forme de mémoire autoriserait l'apprentissage implicite : « *Deux hypothèses ont été a priori avancées : soit les sujets mobiliseraient de façon libre et volontaire les habiletés intellectuelles qu'ils ont acquises dans le cadre scolaire, soit ils utiliseraient des formes plus ou moins sophistiquées d'auto-apprentissage, capacités acquises en pratiquant les activités qui les intéressent le plus, auxquelles ils consacrent beaucoup de leur temps ou de leur énergie* ». L'intérêt d'admettre le second membre de cette alternative, et de tableer sur un apprentissage implicite, s'inscrit, selon nous, en complément et non en exclusion de notre prise de position.

Celle-ci consiste à ne pas sous-estimer le potentiel d'interaction constructive entre éducation formelle et éducation non formelle, et donc à expérimenter sur des conditions

éventuellement favorables à cet effet. Sans rien préjuger sur le rôle de la VS pour elle-même, nous admettons qu'on est en classe pour apprendre, ce qui ne peut nuire pour l'usage non scolaire de la VS, et que si celle-ci peut être utile déjà en contexte scolaire, pour notamment mieux s'appropriier des concepts au programme, cela mérite investigation. C'est pourquoi cette étude s'intéresse explicitement aux conditions susceptibles de favoriser l'assimilation de concepts scolaires, à travers un travail en classe utilisant des documents de VS. Bien entendu, il y a plusieurs raisons fortes pour enrôler la VS comme auxiliaire d'enseignement, et nous allons y revenir. Si nous posons d'abord l'objectif conceptuel, c'est parce que c'est sans doute le plus inhabituellement revendiqué.

Pourtant, dans les années plus récentes, nous trouvons l'expression de préoccupations analogues aux nôtres, à savoir l'objectif d'une fructueuse interaction entre l'éducation – *en classe* – à la compréhension des concepts et celle d'une lecture active et critique de la littérature de vulgarisation. Ainsi, Wellington (1991: p. 371): *"It seems, then, that newspaper science with its occasional portrayal of 'science' as a whiz-bang, breakthrough, dramatic activity may sometimes be in conflict with a formal science curriculum aiming to convey more accurately the nature of science. However, these are the messages that pupils will be faced with when they leave school, particularly if they read the tabloid press. Surely, then, one of the aims of science education must be to equip them with the healthy scepticism which will enable them to study critically articles on scientific breakthroughs, crackpots and unconventional professors. This can be achieved by confronting such articles in the classroom, by developing activities related to the text and thereby involving the media in the formal science curriculum."*¹ Ou encore:

*"Perhaps the ideal situation for educators occurs when the two areas of learning can be mutually supportive and helpful."*² (Ibid. p. 364)

Notons pourtant que cette citation, qui souligne la réciprocité souhaitable de l'interaction discutée ici, rappelle d'abord la direction d'influence le plus souvent évoquée, celle qui à partir de la formation scolaire conduit à lire de façon critique la presse de vulgarisation. L'éducation de tous pour un exercice responsable de la citoyenneté n'est pas le moindre des mobiles sur ce plan. Le plaidoyer de Cora Cohen (2000-2001) pour une formation de l'enfant-visitateur accompagnée par l'école suggère la même dissymétrie dans les objectifs du partenariat

Notons, à ce propos, que dans une certaine vision qui s'exprimait au cours des années 90, on a pu opposer, par exemple, les conditions de diffusion du savoir à l'Ecole et ailleurs d'une façon bien peu flatteuse pour l'institution scolaire. Comme le rappelait C. Cohen (2001), sans d'ailleurs se positionner clairement contre cette proposition, Martineau (1990) proposait la série d'oppositions rassemblée en tableau 1.

¹ « Il semble, alors, que la science journalistique avec sa représentation occasionnelle de la « science » comme une activité fulgurante, faite de bons en avant, dramatique, peut parfois être en conflit avec un programme d'études formel de la science visant à illustrer plus exactement la nature de la science. Cependant, ce sont les messages auxquels les élèves seront confrontés quand ils quitteront l'école, en particulier s'ils lisent la presse populaire. De fait, alors, un des objectifs de l'éducation des sciences doit être de les armer d'une saine attitude de doute qui leur permettra de critiquer des articles sur des découvertes scientifiques, des fous et des professeurs hors normes. Ceci peut se faire par un travail sur ces articles en salle de classe, qui impliquent des activités relatives au texte, impliquant ainsi les médias dans le programme d'études formel de la science. »

² « Peut-être la situation idéale pour des éducateurs est celle où les deux domaines d'étude peuvent s'appuyer mutuellement. »

Musée	Ecole
1. Nouveau lieu	1. Toujours la même école
2. Nouvelles personnes (guides, animateurs...)	2. Toujours le(s) même(s) enseignant(s)
3. Déplacements, mouvements	3. Position habituellement assise
4. Contact direct avec les objets	4. Contact indirect avec les objets représentés dans les livres, par des reproductions, des photos...
5. Observation directe. C'est l'approche privilégiée dans les programmes d'éducation au Québec	5. Observation indirecte
6. Une ambiance favorable et stimulante	6. Ambiance défavorable pour l'étude des objets représentés

Tableau 0.1 : Comparaisons entre les conditions d'apprentissage à l'Ecole et au musée. (Martineau 1990)

Faut-il voir dans une seconde citation du même auteur le résumé sans appel de ce triste tableau : « *le musée se veut le lieu de l'apprentissage heureux alors que l'école serait celui de l'apprentissage obligatoire.* » (Caillet, cité par Cohen 2001, p. 30).

Nous retrouvons, s'agissant de la démarche d'appropriation des savoirs, cette opposition entre éducation muséale et éducation scolaire dans les propos de Michel Allard (1999) : « *la démarche de l'élève-visiteur ne se limite pas à trouver des réponses (...), il doit les contextualiser et vérifier leur cohérence interne. Voilà une démarche que tout naturellement les programmes éducatifs des musées favorisent. (...) [Le système éducatif de l'école] se fonde sur la capacité de l'élève à fournir la réponse, la vraie réponse telle qu'établie par les enseignants ou par les auteurs de manuels. L'importance est accordée à la réponse plutôt qu'à la démarche.* » Même vision négative chez Jack Guichard et Jean Louis Martinand (2000 : 4) : « *Dans le contexte scolaire, l'éducation scientifique est souvent négligée au profit d'autres cultures, d'exercices de type scolaire dans le cadre de curriculum, ce qui conduit les apprenants à une incompréhension des usages quotidiens.* »

Pour notre part, dans notre souhait de contribuer à étendre le champ d'un partenariat entre l'institution scolaire et une forme de diffusion du savoir non formelle, en l'occurrence la vulgarisation par la presse écrite, nous ne concevons pas le premier de ces termes comme intrinsèquement réducteur. Ainsi, la dimension de plaisir dont nous surveillerons ici les indices, et dont Cora Cohen souligne toute l'importance, c'est au sein de l'Ecole même que nous entendons nous y intéresser. Quant au développement du sens critique prenant appui notamment sur l'idée de cohérence interne prôné par Allard, c'est un objectif central de notre proposition pour un travail en classe. Jack Guichard (1999) le remarquait d'ailleurs fort justement, parlant des objectifs « *de mettre les enfants en situation active de découverte des sciences et techniques en passant par le déclenchement de la curiosité, du questionnement, de l'observation, du tâtonnement expérimental.* » : « *Ces objectifs correspondent parfaitement aux démarches prescrites par les programmes scolaires pour les sciences et techniques.* »

Si nous-mêmes parlons plus loin de « réduction scolaire », ce n'est pas dans une inspiration fataliste qui donnerait nécessairement le mauvais rôle à l'école, et chargerait la « culture » de toutes les dimensions d'ouverture. Il s'agit d'un label annonçant une vision où l'utilité ne serait attribuée qu'aux seules activités visant strictement les acquis conceptuels du programme. Quant à la « réduction anti –scolaire » qu'il nous arrivera d'évoquer, il s'agit pour nous d'un point de vue qui se rapprocherait de l'opposition exprimée par Caillet (ibid.). Le plaisir serait à chercher hors l'Ecole, et tout ce qui se rapproche un peu trop des objectifs de celle-ci, en particulier par un souci de rigueur, lui serait fatal.

De ce point de vue, en fait de partenariat, c'est une relation équilibrée que nous recherchons à notre échelle modeste, entre le monde de l'institution scolaire et celui d'une

ouverture à ces autres aspects que l'on qualifie souvent de « culturels ». A la charnière de ces deux mondes, l'esprit critique. Tant et tant invoquée sans autre précision, cette qualité doit se nourrir de la rigueur de règles dont l'Ecole se veut porteuse, et ne devient féconde que dans une mise en action décloisonnée de l'analyse ainsi permise. Mais l'image ne doit pas enfermer l'idée : cette « charnière » doit pénétrer chaque domaine, c'est en ce sens que les oppositions terme à terme entre Ecole et media de vulgarisation scientifique doivent être relativisées, nous semble-t-il.

3. LA COHERENCE INTERNE ET LE POUVOIR PREDICTIF DES THEORIES : FONDEMENT POUR L'ANALYSE CRITIQUE...ET FACTEUR DE SATISFACTION INTELLECTUELLE ?

Ce que l'on désigne souvent rapidement par l'expression « esprit critique », désignation d'une qualité unanimement déclarée souhaitable par les concepteurs de programmes scolaires contemporains (voir aussi PISA : OCDE 2003), est sans doute une qualité multiforme, et les analyses qu'il inspire peuvent se situer à différents niveaux. Ainsi on peut s'interroger sur l'objectivité *a priori* d'un auteur qui vanterait les mérites d'un médicament tout en dirigeant le laboratoire qui le fabrique. Ou encore, sur un autre terrain de critique, l'ambiguïté, le flou d'une rédaction peuvent être soulignés. Ici, en écho à notre préoccupation d'ordre conceptuel, nous portons une attention particulière à la détection de ce qui viole la cohérence interne des connaissances théoriques en cause.

Certes, ce que l'on nomme souvent, dans la littérature didactique, positivisme, réalisme ou empirisme « naïf » (rappelons que ces substantifs ne sont pourtant nullement synonymes : Gingras, 1994) va en particulier avec la croyance en une physique figée dans l'affirmation d'une vérité incontestable. Pour autant, les théories actuelles, tout particulièrement en physique, ont atteint un degré de cohérence interne et un pouvoir prédictif qu'il serait ridicule de nier, même si on leur refuse, à juste titre, une valeur d'absolu. Il y a là un objectif d'enseignement – à la fois des concepts et de la nature de la science – d'intérêt difficilement contestable. En tout cas, il s'agit d'un support majeur pour l'analyse critique.

C'est aussi un gisement d'outils de raisonnement, en positif cette fois, d'une puissance étonnante. Y a-t-il là un ressort pour créer de l'intérêt, sinon du plaisir intellectuel chez nos élèves ? A la base des études antérieures déjà citées, cette interrogation traverse aussi l'étude présentée ici. Dans le contexte actuel de pénurie d'étudiants scientifiques, ce point nous semble mériter tout spécialement l'attention.

Il est avéré, en effet qu'il existe en de nombreux pays une désaffection (en termes d'effectifs) pour les études scientifiques, désaffection qui ne semble pas toucher les revues, puisque ce secteur de la presse écrite se porte plutôt bien (en France notamment) comme le montrent les enquêtes de publication (voir notamment le site des Nouvelles Messageries de la Presse Parisienne (NMPP) <http://www.nmpp.fr>). D'où l'apparent consensus sur l'appel à des documents provenant de telles sources. Nous prenons acte de ce consensus dans nos choix de documents soumis aux élèves, mais sans prendre nous-mêmes position *a priori* sur leur valeur de motivation. Il ne s'agit pas ici de faire un travail de recherche sur ce thème, même si quelques questions posées ici ou là, et des commentaires parfois spontanés, nous amènent parfois sur ce terrain. Notamment, en début d'enquête, des questions directes fournissent une information sur l'aspect ludique (effectif ou non) de tel ou tel document.

En revanche, en lien avec la valorisation de la cohérence que nous venons d'évoquer, nous recueillerons des avis sur la satisfaction engendrée par des activités situées sur le terrain proprement conceptuel. La question sous-jacente est en fait celle des liens réciproques que les élèves établissent entre plaisir et avancée conceptuelle. Si chacun s'accorde à invoquer la « motivation » des élèves, ce n'est en effet pas seulement pour remplir les bancs de nos amphithéâtres, mais bien dans l'espoir qu'ils apprendront plus et mieux (Pintrich et al. 1993; Rhöneck et al. 1998; Laukenmann et al. 2003). Il est moins évident qu'à mieux comprendre, y compris des sujets réputés ardu, s'associe, pour l'élève, un plaisir particulier, qui nous semble répondre à l'expression « satisfaction intellectuelle ». Du moins est-ce un point peu exploré, au delà de déclarations globales d'étudiants ou d'enseignants.

La perception de la cohérence interne et du pouvoir prédictif des théories physiques constitue-elle un facteur de satisfaction ? Le côté ludique est-il prépondérant pour les élèves dans l'intérêt qu'ils peuvent porter à un sujet ? Nous voudrions verser quelques éléments à ce débat, sur la base d'un travail précis sur des contenus particuliers.

4. APTITUDES DES ELEVES ET ETUDIANTS : QUELQUES CONSTATS ANTERIEURS

S'il s'agit maintenant non seulement d'objectif souhaitable mais d'état des lieux, on peut s'intéresser à des études qui portent sur la capacité des élèves à lire des textes, scolaires ou non, et à argumenter, de manière générale.

Toutes ces approches, d'une manière ou d'une autre, mettent en cause l'aptitude à l'analyse critique. Cette aptitude croise de manière complexe les composantes classiquement repérées dans les études sur l'argumentation, telles celles se réclamant de Toulmin (1958) (voir ses catégories d'arguments : *evidence (preuve)*, *warrant (justification)*, *backing (support)*, *qualifiers (qualifiants)*, *rebuttals (réfutations)* and *claims (affirmations)*) ou de Lakatos (1978) et de sa théorie des programmes de recherche qui associe un noyau dur (*hard core*) et une « ceinture protectrice » (*protective belt*), elle-même nourrie de débats contradictoires. Cette aptitude à l'analyse critique, par ailleurs, est souvent – sinon unanimement - déclarée absente ou très défectueuse chez les élèves ou étudiants consultés.

Ainsi tout récemment, Jimenez-Aleixandre et Federico-Agraso (2007), à propos d'un article du registre de l'imposture, portant sur les mérites du clonage humain, soumis à des étudiants universitaires, déclarent :

*“Although all the students participating in the study were able to elaborate appropriate summaries of a newspaper article using sophisticated biology concepts, it seems that these technical literacy skills are not matched by their capacities to evaluate the claims made in the article (...)”*³.

Ou encore Marquez *et al.* (2007), dans une investigation centrée sur les publicités pseudo-scientifiques, concluent, à propos d'étudiants de niveau secondaire :

The results show that the students were not capable of making any critical reading. Even though they were able to read linguistically (...) and psycho-linguistically (...), they showed few abilities to read critically; i.e. to identify the main idea, identify and connect the writer

³ « Bien que tous les étudiants participant à l'étude aient pu élaborer des résumés appropriés d'un article de journal utilisant des concepts sophistiqués de biologie, il semble que ces compétences ne leur aient pas permis d'évaluer les affirmations faites dans l'article (...) ».

and the intentions of the text, to critically identify and evaluate the ideas which support the text, to justify if content of the text reflects current scientific knowledge.”⁴

On trouve aussi chez Mazzitelli *et al.* (2007), à propos d’un texte fabriqué par les auteurs et impliquant une contradiction interne, soumis à divers groupes d’étudiants (13 à 38 ans), un constat négatif quoique plus circonstancié :

“Algunas veces, la dificultad para expresar lo que no se entiende pasa por no discernir claramente cual es la dificultad. Detectan que hay un problema pero no pueden identificar cual es. Otras veces, este accionar esta relacionado con el respeto a la autoridad epistémica de la fuente aque deberia ser desterrado para desarrollar el espiritu critico y promover un aprendizaje significativo (Macias *et al.* 2001 : 226)”⁵. Et encore:

*« Esto significa que los estudiantes de todas las edades toleran representaciones de niveles muy bajos de coherencia sin que crean tener un problema de comprensión. »*⁶

Pourtant, avant de souscrire à un pessimisme généralisé, on peut noter que le contexte des études ci-dessus reste assez disparate. L’« esprit critique » consistant à noter que la légitimation du clonage humain par les améliorations potentielles en matière de santé pourrait constituer une recherche abusive d’adhésion, en ce qu’elle exploite des ressorts affectifs puissants (Jimenez Aleixandre & Federico-Agraso, 2007), n’est sans doute pas du même registre que celui qui mènerait à détecter l’existence de deux phrases directement contradictoires dans un texte évoquant la circulation de l’air en cas de température inhomogène (Mazzitelli *et al.*, 2007). On observe d’ailleurs un beaucoup plus grand nombre d’études abordant des questions dites de « Science et Société », avec notamment des thèmes de sciences de la vie (ainsi Kolstø 200, 2001a et b, Sadler 2004, Sadler *et al.* 2004, Sadler & Donnelly 2006, Simoneaux 2001, 2003, Zohar & Nemet 2002, Molinatti 2007), que d’analyses associées à l’explication d’un phénomène physique sans grande charge affective ou sociétale : « l’idéal » énoncé par Wellington (*ibid.*) n’a pas fait, sur ce dernier terrain, l’objet de beaucoup - c’est un euphémisme - de dispositifs d’enseignement-apprentissage évalués en détail quant à leur impact sur des élèves

Nous partons de l’hypothèse que l’esprit critique, quelle qu’en soit la forme particulière en cause, n’est pas un don que l’on aurait ou pas, par tout ou rien, mais qu’il peut se développer pourvu qu’on l’éduque et le « libère ». Les études préalables de Viennot (2003-2006) et de (Mathé 2006, Mathé & Viennot 2007) comportent des indices forts dans ce sens. Les constats *initiaux* qui y sont faits semblent bien confirmer qu’étudiants universitaires – et d’ailleurs aussi professeurs – ne brillent pas par cette qualité. Les uns, bloqués notamment par leur sentiment d’infériorité devant l’autorité de l’écrit (voir par exemple Mazzitelli *et al.*, 2007) et la conscience de leurs souvenirs défaillants, et les autres, anesthésiés par un effet de ritualisation des pratiques, ne parviennent pas à détecter d’emblée le caractère absurde d’une

⁴ « Les résultats montrent que les étudiants n’étaient pas en mesure de faire une lecture critique. Quoiqu’ils aient pu lire linguistiquement (...) et (...) psycho-linguistiquement, ils ont montré peu de capacités de lecture critique ; c.-à-d. identifier l’idée principale, identifier et relier l’auteur et les intentions du texte, identifier de façon critique et évaluer les idées sur lesquelles le texte s’appuie, justifier si le contenu du texte reflète la connaissance scientifique courante. »

⁵ « Parfois, la difficulté pour exprimer ce qui n’a pas été compris passe par le fait de ne pas distinguer clairement quelle est la difficulté. Ils détectent qu’il y a un problème mais ils ne peuvent identifier lequel. D’autres fois, cette façon d’agir est liée au respect de l’autorité épistémique de la source, lequel interdit la distance nécessaire pour développer l’esprit critique et promouvoir un apprentissage significatif ».

⁶ « Ceci signifie que les étudiants de tout âge tolèrent des représentations de niveau très bas de cohérence sans penser avoir un problème de compréhension ».

hypothèse introduite dans un texte d'exercice. Mais ce qu'il se passe en cours d'un accompagnement à visée didactique et à sa suite suggère que le terreau pour un développement de cette aptitude est beaucoup plus riche que ne le laissait soupçonner la réaction initiale. Ces études, comme celle que nous présentons ici, se fondent sur l'idée de la valorisation de la cohérence interne des théories physiques selon l'argument développé plus haut, et contribuent à notre choix.

Si donc nous rejoignons Wellington et d'autres (voir encore Jimenez & Federico-Agraso 2007, Mantsouridis *et al.* 2007) dans l'idéal d'une fertilisation mutuelle des travaux réputés « scolaires » et de l'exploitation critique de sources non scolaires, nous voudrions informer davantage cette question précise : une telle fertilisation peut-elle se produire dans un cadre scolaire et en s'appuyant sur la recherche de cohérence interne inhérente aux théories physiques, en générant un gain en compréhension de concepts de physique au programme. Et si oui dans quelles conditions, en particulier en attendant quels obstacles ?

5. DEBAT CRITIQUE : SITUATION DE L'ETUDE PAR RAPPORT A CELLES QUI CONCERNENT DES QUESTIONS SOCIALEMENT SENSIBLES

Il n'est sans doute pas inutile de situer ce travail un peu plus précisément par rapport à ceux qui impliquent des débats sur des questions socialement sensibles. Il se trouve que ces questions, au centre des incitations officielles pour l'éducation à la citoyenneté et très présents dans les propositions de curriculum dédiés (Millar & Hunt 2002), concentrent aussi les travaux de recherche de référence sur le thème de l'argumentation, et plus généralement sur celui du débat critique (par exemple : Jiménez-Aleixandre, Agraso & Eirexas 2004, Jiménez-Aleixandre & Pereiro-Munoz 2002, Jiménez-Aleixandre *et al.*, 2000, Sadler 2004, Simonneaux 2005). Ainsi la très récente thèse de Molinatti (2007) sur la médiation des sciences du cerveau s'appuie-t-elle de façon très significative, entre autres, sur ceux de Jiménez-Aleixandre et de Simonneaux, déjà citées.

Plusieurs aspects orientent ici notre réflexion.

Le premier concerne ce que l'on désigne usuellement, par emprunt à l'expression en faveur dans la littérature anglo-saxonne, la nature de la science. Le singulier, pour l'objet dont on questionne ainsi la nature, nous semble devoir être ici relativisé. Il n'est pas neutre en effet, que le degré d'incertitude lié à un état donné de l'avancement d'un domaine soit aussi variable lorsque l'on passe de domaines tels que clonage thérapeutique, ou celui des facteurs déterminants dans l'actuel réchauffement de la planète, à celui des lois de Newton assorties de leur domaine de validité. Clough (2007) exprimait récemment ce point de vue: « *Students who claim that science is tentative without acknowledging the durability of well supported scientific knowledge can hardly be said to understand the nature of science* »⁷.

Il n'est pas question de récapituler ici les débats philosophiques séculaires qui opposent, d'une part, idéalisme et réalisme, pour ce qui est de la nature des connaissances scientifiques, d'autre part empirisme et rationalisme pour ce qui est des processus de leur construction (Gingras 1994).

Notre position est, en cette matière, d'éviter une position en tout ou rien, suivant en cela, notamment, le refus de Bachelard de se ranger dans un seul camp: « *Ainsi, dès que l'on médite l'action scientifique, on s'aperçoit que le réalisme et le rationalisme échangent sans fin leurs conseils* » (Bachelard 1977(1934), p13). Quant au caractère définitif des

⁷

«On peut difficilement dire que les étudiants comprennent la nature de la science lorsqu'ils affirment que la science est expérimentale sans reconnaître ce qu'il y a de durable dans la connaissance scientifique ».

connaissances scientifiques, et aux questions portant sur la construction de la science, il nous paraît cohérent de considérer et de présenter ces thèmes d'épistémologie comme de même nature que les connaissances scientifiques, c'est-à-dire comme donnant lieu à des réponses questionnables, dans une réflexion qui fait place à la spécificité du domaine de connaissances. Nous reprenons en cela, notamment, le plaidoyer de Clough, dans son article au titre significatif : « *Teaching the Nature of Science to Secondary and Post-Secondary Students : Questions Rather Than Tenets* »⁸ (Clough 2007). Même si, écrite sous forme générale, cette proposition risque peu de contradiction, force est de constater que toute extension implicite de ce qui concerne un domaine d'exercice de la science à « La Science » - et à ses modes de progression comme à ses acquis du jour- risque, en la matière, de forcer la réflexion vers le simplisme (voir aussi Ogborn 1997). Jenkins reprenait ce thème sous l'angle de la définition des disciplines scolaires, dans un texte questionnant l'idée de science à l'école, intitulé « *School science : a questionable construct ?* »⁹ ; qui évoque « *an untenable but enduring notion of a unifying scientific method that ignores important philosophical, conceptual, and methodological differences between the basic scientific disciplines* »¹⁰ (Jenkins 2007, p 265). D'ailleurs plusieurs recherches sur les vues sur la science d'étudiants ou d'enseignants soulignent la dépendance de celles-ci au contenu particulier (Brickhouse *et al.* 2000 a,b, Abd-el Khalick & Lederman 2000): ce fait, en soi et sous réserve d'analyse plus détaillée de ce qu'il recouvre, nous semble cohérent avec le constat des différences évoqué notamment par Jenkins.

Ce que Molinatti (2007) dénonce, à propos du clonage thérapeutique, comme « l'idéologie du progrès scientifique », peut être vu, en partie, comme une attribution – en l'occurrence malgré les démentis des chercheurs concernés - à un domaine d'exercice de la science de caractères présents dans d'autres, telle la possibilité de maîtriser avec une stupéfiante précision les conséquences de *certaines* actions. La tendance symétrique ne nous paraît pas moins dommageable, qui consiste à surestimer le voisinage épistémologique entre domaines de science, ce qui reviendrait, à l'extrême, à majorer le doute sur les lois de Newton, à sous-estimer leur caractère contraignant.

Est-il si vain de s'en inquiéter, et le danger n'est-il que d'un côté ?

Nous proposons ici quelques questions. Comment des jeunes formés sans souci explicite de souligner le caractère contraignant des lois physiques et la grande cohérence interne des théories physiques auraient-ils une vision autre que dogmatique de leurs connaissances en physique ? Plus simplement, comment enseigner la relativité des lois à qui ne sait pas ce qu'est une loi ? La détection de l'incohérence, par exemple entre deux textes, fait partie des outils et des thèmes de formation envisagés dans les recherches sur le débat critique (Mazzitelli *et al.* 2007). Comment travailler sur ce plan sans travail antérieur sur de fructueuses cohérences ? Telles sont les questions qui ont inspiré la – récente et limitée - série de travaux dans laquelle nous nous inscrivons. Il s'agit, dans ces études, de connaissances scientifiques qui diffèrent largement de celles qu'impliquent les questions « socialement vives », aussi bien par leur faible charge affective et sociétale que par le degré d'incertitude associé, vraiment très faible. L'accent est mis sur la cohérence interne de façons d'analyser un donné physique qui impliquent des lois et des outils formels dont la valeur n'est pas mise en

⁸ « Enseigner la nature de la Science aux étudiants du secondaires et post-secondaires : Des questions plutôt que des dogmes »

⁹ La science à l'école : un concept questionnable ?

¹⁰ « L'idée intenable mais persistante de l'existence d'une méthode scientifique unifiée par delà des différences importantes sur les plans philosophiques, conceptuelles, et méthodologiques entre les disciplines scientifiques de base »

cause. Ce qui est mis en cause, c'est l'usage qu'en présente tel ou tel document, du point de vue de la compréhension des phénomènes *physiques* en cause. Loin de la multiplicité des angles d'analyse appropriés pour la discussion de questions socialement vives, la perspective est ici réduite, même si, s'agissant de vulgarisation scientifique, d'autres choix auraient bien évidemment pu élargir le propos.

Notre centration sur la compréhension des phénomènes physiques dans une perspective de cohérence interne et de conformité avec des acquis de la science que personne ne conteste s'accompagne d'une autre réduction, celle du spectre des indicateurs recueillis pour notre étude, par rapport aux études de référence sur l'argumentation.

Pour cette étude, nous avons considéré comme centrale la façon dont les élèves parvenaient, ou non, à dégager le message porté par un document sur le plan de l'analyse physique, et à identifier les obstacles éventuels à cette compréhension véhiculés par ce document. Nous le verrons, une hiérarchisation de ces obstacles, en tant que tels, nous apparaît comme un nœud, à l'articulation des deux aspects précédents. L'analyse des productions d'élèves, thématique, sera essentiellement centrée sur ces aspects. La capacité d'argumentation de ces mêmes élèves n'est pas ici analysée, ni donc les aspects fins de leurs productions.

On peut bien évidemment s'interroger, de ce dernier point de vue, et poser la question de leur éventuelle progression en matière d'argumentation, étant donné l'expérience nouvelle vécue par chacun, de manière certes marginale mais répétée en cours d'une année.

Notamment, une telle étude pourrait verser des pièces au dossier de la part d'une certaine maîtrise du contenu dans la qualité de l'argumentation, thème assez peu stabilisé à ce jour, puisque l'on trouve des affirmations d'indépendance entre ces aspects (Kuhn 1991, Perkins *et al.* 1991) aussi bien que des thèses plus nuancées (Means & Voss 1996, Sadler & Donnelly 2006, Molinatti 2007, Lopez & Jimenez Aleixander 2007).

Nous n'avons pas pu, dans le cas de notre travail, mener cette étude de front avec celle présentée ici ; compte tenu en particulier, du choix de perturbation *a minima* du cours habituel de l'année académique, que nous présentons maintenant.

6. L'ACCEPTABILITE PAR LES ENSEIGNANTS : UN CHOIX STRATEGIQUE

Relativisant la prédiction de (Yore et al. 2003) – *“Preparing students to be critical and reflective science readers in that world, however, will probably require a change in curricular emphasis”*¹¹ – et en contraste avec des entreprises de curriculum dédiés (Millar & Hunt 2002, Millar 2005, 2006) – nous avons fait le choix de conduire cette étude dans le cadre d'un cursus ordinaire, en l'occurrence en classe de seconde indifférenciée (grade 10). Ce choix devrait contribuer à rendre nos éventuelles propositions acceptables par les enseignants. Notamment nous nous astreignons à laisser celles-ci dans un format marginal en termes de temps consacré. Dans la même logique, nous ne confrontons pas les élèves à une nouvelle personne pour les activités expérimentées. Notons que, de ce fait, nous ne sommes pas très exposés à la critique éventuelle que formulait, par exemple, Cohen à propos de son propre projet, visant à former « l'enfant-visiteur » d'expositions muséales : « (...) *ce premier projet pouvait être qualifié de « luxueux », et les moyens mis en place pouvaient être jugés comme seuls responsables du succès de cette opération.* » (Cohen 2001, p. 165).

¹¹ « La préparation des étudiants à être des lecteurs critiques et réfléchis de la science en ce monde, exigera probablement un changement d'orientation des programmes scolaires »

Au demeurant, trop d'études (voir notamment le projet européen Science Teacher Training in an Information Society, Pinto *et al.* 2001, 2002, Hirn & Viennot 2000) ont souligné la difficulté de conduire des enseignants à s'approprier des innovations même amplement validées pour que nous pensions que ce seul facteur puisse suffire.

Or, à lire Gil-Perez et Furio-Mas (1984), les professeurs (au moins ceux d'alors, en Espagne) n'utilisent que très peu (ou jamais) les différents aspects de la VS, et ils n'incitent pas davantage les élèves à prêter attention à la VS hors de la classe.

Pourtant, les études de consommation montrent que le public enseignant constitue un contingent très important des consommateurs de VS. Mais, par ailleurs, leur méfiance à l'égard de cette même VS semble forte comme le souligne Jacobi (1987 : 7) : « *La vulgarisation, et tout particulièrement la vulgarisation scientifique, a mauvaise réputation. C'est que « vulgariser » est plus proche de vulgaire que de partager, comme le veut l'un des sens de vulgare latin. Elle passe volontiers pour substituer des analogies assez vagues à de strictes déductions, pour travestir de purs concepts en notions pour le moins approximatives. Elle se sert de dessins et d'images-chocs en lieu et place d'austères formules mathématiques. ...* ». A en croire Tardy (1975), le sentiment des professeurs vis-à-vis du rôle joué par l'image dans les documents de VS relève de la plus grande méfiance : « *Les professeurs se méfient des images, mirages tentateurs, source de dissipation, de paresse, facilités distrayantes qui ne sauraient que conduire à l'anecdote ou à la futilité. Seul compterait dans le message le noyau dur du document, i.e. les référents linguistiques. Les illustrations ? De l'épate, un coup de vernis pour enjoliver... rien de sérieux qui vaille la peine d'être seulement mentionné. L'image ? Du superflu qui non seulement est peu opérant, mais plus encore gêne et parasite la pédagogie* ». Or, en trente années, il n'est pas certain que cette perception ait beaucoup évolué. Sur ce point, il est à noter qu'on a vu apparaître progressivement des textes issus de revues de vulgarisation dans les épreuves du Baccalauréat, mais que jamais, à en croire les annales, ces documents ne comportent d'image !

Nous nous préoccupons d'éclairer par quelques éléments d'observation d'une part la pratique actuelle des enseignants en France et d'autre part leur réaction devant le type d'activité proposé aux élèves et analysé dans ce travail.

7. RETOUR SUR LE CADRE THEORIQUE DE L'EXPERIMENTATION DIDACTIQUE

Le choix d'envisager un travail en classe lors d'un cursus ordinaire en implique de plus fondamentaux qu'il n'est pas superflu d'énoncer en tant que tels, même s'ils se devinent déjà amplement.

Nous inscrivons notre vision du travail présenté ici dans l'approche de Vygotsky (1978), et de sa définition d'une zone proximale de développement de celui qui apprend. Celle-ci, « ZPD » en abrégé, désigne l'espace virtuel délimité par ce que l'élève (en l'occurrence) peut initialement faire de manière autonome, d'une part, et les aptitudes – sur les terrains de la compréhension ou de la résolution de problème - qu'il manifeste après un accompagnement didactique approprié, d'autre part. Ce pari d'un potentiel de développement exploitable grâce

à un guidage approprié (« scaffolding »), ici sur le plan de l'analyse critique, est précisément celui que nous assumons dans cette étude.

Notons cependant deux remarques qui relativisent l'impact de cette référence théorique.

En forçant l'économie théorique, nous pourrions en effet énoncer notre choix initial simplement en disant qu'il est possible d'enseigner avec profit, y compris sur le terrain choisi (l'usage de la VS), ce qui n'est guère pratiqué actuellement. La mise en œuvre d'un débat collectif, comme nous le décrirons plus précisément dans la suite, répond d'un peu plus près à la visée socio-constructiviste que nous venons d'évoquer. Mais notre dispositif d'observation ne permet pas de suivre précisément un ou plusieurs sous-échantillon(s) du groupe classe, en analysant le détail des interactions entre les protagonistes. Nos observables (détaillées plus bas) seront d'ordre assez global (questionnaires) ou morceaux choisis de débats de séances enregistrés en vidéo, ceci en demi groupe de classe. Au moins pouvons-nous rejoindre la prise de position de Reigosa & Jimenez-Alexandre (2007: 309): *“In the analysis of scaffolding in a classroom context, it is useful to consider the remarks of Wells (1999), who considers not only the specific ZPD of each individual, but also communal ZPD of the group. In his explanation of the development of psychological processes, Vygotsky (1978) focused basically on interactions within the adult-child dyad; nevertheless, authors such as Werstch (1991) suggest that concepts conventionally considered to pertain to individuals – such as mind, thought, and zone of proximal development – can be extended to situations in which a group of individuals is operating together, allowing us to conceptualize the social distribution of mind”*¹².

Revenons, de manière plus spécifiée, sur la nécessité d'un guide en matière de mise à profit de la vulgarisation scientifique. Parmi le foisonnement de recherches concernant l'utilisation des expositions dans les musées avec les élèves (pour une revue partielle, voir : Guisasola & Morantin 2007), on trouve déjà des plaidoyers pour l'intervention d'un médiateur. C'était le point de vue, exprimé à propos des visites de musées, par Guichard (1999a) dans son plaidoyer pour un partenariat école-musée. Evoquant un cadre scolaire, et l'objectif d'acquérir des modes de représentation « corrects », Guichard suggère que, lors de la visite, l'enseignant doit chercher à stimuler les capacités d'observation, d'élaboration d'une signification, de vérification, et d'approfondissement de cette signification. Analysant, dans un écrit ultérieur, les interrelations élèves/ professeurs/ expositions muséales, Triquet (2006) commente ainsi ce qu'il nomme « la transposition médiatico-didactique » (p. 32 vol. 1): *« Par ailleurs, si l'on s'intéresse à l'exposition, on est conduit à substituer au triangle didactique le triangle médiatique correspondant avec ces trois places : le concepteur, le visiteur et l'exposition (le média qui véhicule le savoir). Contrairement au triangle didactique celles-ci ne sont pas occupées toutes les trois ensemble au même instant. Quand l'exposition ouvre ses portes aux visiteurs l'instance émettrice est absente. Et, à la différence de la situation didactique, telle qu'elle apparaît au travers du triangle didactique où l'enseignant médiatise le rapport entre l'apprenant et le savoir, la relation est ici objectivée dans et par le média exposition. Ce dernier instaure en fait une double mise en rapport (destinateur - destinataire ; visiteur –*

¹²

« Dans l'analyse du « scaffolding » (construction étayée) dans un contexte de salle de classe, il est utile de considérer les remarques de Wells (1999), qui considère non seulement le ZPD spécifique de chaque individu, mais également ZPD commun du groupe. Dans son explication du développement des processus psychologiques, Vygotsky (1978) s'est concentré fondamentalement sur des interactions dans la dyade adulte-enfant ; néanmoins, les auteurs tels que Werstch (1991) proposent que les concepts conventionnellement attribués aux individus - tels que l'esprit, la pensée, et la zone proximale de développement - peuvent être prolongés aux situations dans lesquelles un groupe d'individus fonctionne ensemble, nous permettant de conceptualiser la distribution sociale de l'esprit ».

savoir exposé) et donc doit être considéré comme l'élément central du système médiatique. La présence d'un guide dans l'exposition, s'il n'est pas lui-même le concepteur, introduit en revanche une instance de médiation et nous rapproche de la configuration du système didactique ».

Nous nous inscrivons dans cette approche puisque, dans notre expérimentation, la lecture du document de VS ne se fait pas de façon autonome par les élèves mais, au contraire, est guidée par l'enseignant dans et hors la classe à l'aide d'un questionnement ciblé. Au guide dans l'exposition cité plus haut par Triquet se substitue donc l'enseignant comme intermédiaire dans la relation entre le concepteur, le savoir véhiculé par le document et l'élève. Même si les documents de VS utilisés dans ce travail se distinguent, comme nous le préciserons plus loin, de ceux empruntés par le discours didactique, le dispositif et la transposition associée conservent une forte coloration didactique qui ne nous contraint pas à verser dans le champs de la médiatique (voir, pour une introduction de la problématique et des concepts associés, Guichard et Martinand, 2000). Notons au passage que s'il paraît évident que des apprentissages soient à mettre en place lors de la visite d'un musée ou pour la lecture d'un document de VS, on pourrait penser que pour des documents d'usage courant dans le cadre scolaire, tels les manuels, ce ne devrait plus être le cas. Un rapport de l'Inspection Générale de l'Education Nationale (IGEN, 1998) souligne tout à fait le contraire : *« Le manuel offre, en effet, en apparence tous les éléments nécessaires à la construction des savoirs. (...) Mais les éditeurs ne peuvent éluder la médiation de ceux [les enseignants] qui décident du choix des livres. Les éléments sont donc livrés en mosaïque, juxtaposés. Les élèves ne peuvent, livrés à eux-mêmes, utiliser un outil aussi polyphonique. Le professeur chef d'orchestre retrouve alors sa place et son rôle. »*. Cette critique acerbe des manuels par le corps inspectoral se poursuit un peu plus loin : *« le manuel en multipliant rubriques et entrées, en développant la pédagogie au détriment de l'exposé des connaissances n'est plus une référence mais un puzzle, dont seul le maître a les clés d'assemblage. Le manuel loin de favoriser la lecture suivie renforce une culture du zapping. »*. Nous ne prendrons pas ici position mais relevons la nécessité de la présence d'un médiateur pour permettre aux élèves de décoder la « grammaire » des manuels. Nous tenterons d'éclairer la situation où le professeur troque son rôle d'enseignant au profit celui de guide pour la lecture – au sens large - d'un document de vulgarisation. Quant au cumul des rôles d'enseignant et de chercheur qui intervient dans cette expérience, nous le discutons ci-dessous.

8. LE GUIDE, L'ENSEIGNANT ET LE CHERCHEUR

Le cumul des rôles entre l'enseignant et le guide (ou médiateur), susceptible d'être problématique dans d'autres recherches (Molinatti 2007), se trouve ici justifié par construction même du projet, puisqu'il s'agit d'éclairer la question d'un usage *scolaire* de documents d'origine non scolaire, dans un parti pris où l'école revendique l'organisation d'un travail de son registre *propre* sur des documents non prévus à cet effet. Au-delà de considérations plus triviales sur la possibilité de trouver facilement un terrain d'opération pour une expérimentation sinon risquée du moins d'issue largement indéterminée, ce cumul de rôles respecte le format d'éventuelles reprises par d'autres enseignants.

Reste à discuter, bien évidemment, un autre cumul, celui de l'intervenant auprès des sujets – qu'il soit enseignant seulement, médiateur seulement, ou les deux ensemble – et celui de chercheur qui, même s'il sait bien « d'où il parle », n'en est pas moins porteur d'hypothèses de recherche qui ne laissent pas ses attentes indifférentes ni, c'est au moins un point à

surveiller, ses interventions nécessairement non problématiques en termes de variables cachées.

Il se trouve que cette position de cumul a particulièrement été mise en question s'agissant du chercheur qui intervient comme *enseignant*, dans l'exercice d'évaluation d'une séquence d'enseignement-apprentissage fondée sur la recherche. C'est ici l'occasion de discuter le statut de notre intervention et de son évaluation.

En matière d'évaluation de telles séquences, il a été éclairant (Artigue 1988, Méheut 1998) de caractériser plusieurs grands types d'approche : celles qui impliquent des comparaisons globales entre groupes de classe, que celles-ci soient internes (avant-après) ou externes (groupes témoins et groupes contrôles), et celles qui mettent en avant des attentes précises sur les réactions attendues des élèves à telle ou telle étape des activités qui leur sont proposées, l'attention étant alors centrée sur le déroulement précis des événements et sur les écarts éventuels par rapport aux-dites attentes. Dans ce dernier cas, le terme d'hypothèse et le jugement d'éventuelle validation sont revendiqués, ceci d'autant plus légitimement que ces attentes sont renvoyées à une vision théorique dépassant le simple pari ou la simple connaissance de résultats préalables.

Il importe, bien sûr, de préciser que les approches ainsi caractérisées ne sont pas, pour une investigation donnée, exclusives, pas plus qu'une exploration fine n'empêche des bilan d'étapes avec ou sans comparaisons quantifiées (Niederrerr *et al.* 2007 : 162). Opposer « qualitatif » et « quantitatif » ne se révélerait guère plus pertinent, quand une évaluation multidimensionnelle peut introduire, via l'idée de profil de compréhension - une *forme* dans un bilan quantitatif (Chauvet 1996a et b, Rainson & Viennot 1998, Viennot & Rainson 1999).

Il nous semble aussi que, concernant l'évaluation, les interrogations que suscitent ces diverses approches ne se restreignent pas *par définition* à l'une ou à l'autre, et qu'il s'agit, dans tous les cas, d'être attentif à ce qui peut brouiller la nature et la valeur informative des observations faites.

Pour notre part, nos attentes sont explicites, nous avons fait le choix d'un réseau hypothétique de relations dans les déterminants des réactions des élèves à propos de notre dispositif de formation, lequel est construit précisément en conséquence : voir ainsi, plus loin, l'idée de hiérarchisation des éléments réputés facilitateurs de lecture (« EFOP »), et le rôle qu'une telle hiérarchisation est supposée tenir dans le dispositif de formation. Pour autant, notre travail reste exploratoire, et il reste du chemin à parcourir entre les éléments de confirmation recueillis *in fine* et l'idée forte d'une validation d'hypothèses portant sur des mécanismes relativement généraux d'évolution cognitive, allant bien au-delà, par exemple, d'un type de réponse attendue à une question particulière sur un contenu précis.

Notre dispositif est complexe : il sera donc difficile d'effectuer un tri permettant de situer des « ingrédients » plus ou moins critiques les uns par rapports aux autres, nous sommes donc renvoyés au questionnement classique sur ce point (Méheut 1998, Leach & Scott 2000, 2002; Méheut & Psillos 2004, Viennot et Kaminski 2006). Nous sommes dans le cadre où c'est un *ensemble* d'éléments, constitués dans une cohérence explicite dont nous interrogeons le fonctionnement didactique. Des indications compatibles avec nos hypothèses seraient donc à verser – avec prudence - plutôt au crédit de cette cohérence globale qu'à tel ou tel facteur considéré isolément. Ceci n'exclut bien sûr pas le recueil d'observations de détail, de commentaires circonstanciés, de débats prolongés, d'indications fines.

Toujours en matière d'évaluation, la question de l'impact du, ou des, enseignant(s) impliqué(s) a été particulièrement mise en cause (notamment : Leach & Scott 2002, 2003). Il est certain qu'elle se présente ici comme une question vive, même en l'absence de toute comparaison externe. L'engagement *a priori* d'un enseignant dans une séquence à laquelle il

adhère suffisamment pour conduire une recherche à son propos n'est pas contestable, ni encore moins neutre. Nous actons donc que cet élément *a priori* facilitateur est présent, et sans doute plus actif encore que celui d'un chercheur pourvu d'hypothèses intervenant par exemple par entretien ou lors d'un débat. Nos résultats seront donc ceux d'un enseignant adhérant fortement au dispositif évalué. Nous savons aussi qu'une telle adhésion est loin de suffire, comme le montrent les « échecs » – un terme pour désigner brièvement une grande distance entre la compréhension visée et celle dont témoignent les indicateurs recueillis - relatifs et/ou partiels dont l'observation est loin d'être exceptionnelle. Lorsqu'il s'agit de versions successives de séquences dont la première « échoue » relativement, on voit bien que l'engagement éclairé de l'auteur ne suffit pas (Brown & Clement 1991, Rainson & Viennot 1998, Psillos & Kariotoglou 1999), et, en contrepoint positif, que le dispositif didactique lui-même, quand il s'affine, peut déterminer une plus grande adéquation entre les effets observés et ceux que l'on vise. C'est bien là le parti pris défendu dans l'approche rapportée par Komorek & Duit (2004) sous la rubrique « Teaching experiment ».

Il est certain que les informations recueillies dans ce cadre ne dispensent pas de l'étape suivante : celle de l'analyse des conditions de reprise par d'autres enseignants en situation classique d'enseignement, souvent désignés par l'expression discutable « enseignants ordinaires ». Nous le disons plus haut, la façon dont des enseignants s'approprient un dispositif didactique innovant qu'ils n'ont pas eux-mêmes conçu est de longue date considéré comme problématique (voir notamment le projet européen Science Teacher Training in an Information Society : STTIS 1997-2000, et Pinto 2005 ; Radcliffe *et al.* 2005). Nous considérons, comme les auteurs du projet décrit par Leach (2007), qu'il est approprié de distinguer une phase de développement et une phase de transfert dans l'évaluation d'un dispositif didactique ; ceci afin de tenter d'identifier relativement séparément ce qui relève du dispositif dans sa relation avec les élèves, d'une part, et – chose qui reste à faire ici - ce qui relève des transformations qui s'opéreraient sur ce dispositif dans sa mise en pratique banalisée, d'autre part.

9. UNE INTERVENTION QUI S'ETEND DANS LA DUREE

Marginale en termes de temps total consacré, l'intervention proposée présente cependant une chronologie qui n'est pas quelconque, puisqu'elle comporte, répartie sur l'année, la mise en place de trois séries (chacune brève) d'activités. Les constats répétés de chercheurs constatant le caractère limité des bénéfices de telle ou telle intervention visant des compétences transversales s'accompagnent volontiers de commentaires sur la brièveté, alors pointée du doigt, de l'interaction didactique. D'ailleurs, ce n'est sans doute pas un hasard, comme le souligne Molinatti (2007), si l'une des rares conclusions clairement positives en matière d'argumentation est celle de Zohar & Nemet (2002), qui relate une expérience construite sur douze semaines. Yves Girault (1999) s'exprime dans le même sens : « *Nous voulons souligner ici l'un des aspects primordiaux du partenariat école-musée qui ne peut permettre aux élèves d'atteindre des acquis nouveaux et durables en terme de savoir ou de savoir-faire que dans le cadre d'expériences suivies sur plusieurs années* ».

Nous avons ainsi considéré comme nécessaire à l'observation significative d'effets de notre intervention que les élèves aient accès à plusieurs occasions de travail dans la perspective visée.

10. CHOIX DES DOCUMENTS UTILISES

Il nous faut maintenant tenter de spécifier ce que nous retenons pour notre expérimentation et nommons documents d'origine non scolaire, désignés dans la suite par le sigle DONS. Il est aisé, devant tel ou tel document écrit, de repérer un style vulgarisant – d'ailleurs aucun élève n'a mis en doute cet aspect pour ceux que nous avons choisis. En revanche, il est moins facile d'en établir une définition sans appel.

Un DONS typique se place dans la catégorie des supports d'éducation non formelle dont les adolescents/élèves sont la cible, l'exemple le plus courant étant le document de vulgarisation scientifique. La catégorisation des documents et discours associés fait depuis longtemps l'objet de débats et il n'est pas aisé d'en définir de façon précise les caractéristiques respectives. En effet si l'idée d'une « rhétorique de vulgarisation » s'est imposée (voir par exemple la synthèse de Jacobi D., 1986) et a conduit à distinguer le discours de V.S. à la fois du discours scientifique, du discours didactique que nous pourrions appeler scolaire, ou du discours encyclopédique, il reste que ce cloisonnement n'est pas étanche. A titre d'illustration, nous reprenons ici les propos de Daniel Jacobi (1988) : *« la vulgarisation pose un problème d'identité. Habituellement les observateurs savent facilement distinguer des pôles extrêmes : discours scientifique rédigé par un spécialiste dans une revue primaire, elle même spécialisée, et, à l'opposé, discours de vulgarisation publié, à destination d'un large public, dans une revue dite de vulgarisation ou plus simplement dans un support omnibus (presse quotidienne, magazine hebdomadaire...). Mais il existe de nombreux discours hybrides ou intermédiaires qui résistent à ce catalogage. »*. Daniel Jacobi (1987) va jusqu'à repousser le paradigme de la « rhétorique de vulgarisation » pour lui substituer *« une autre représentation de la réalité. Il n'y a pas d'un côté un discours scientifique source, discours incompréhensible par le public moyen et de l'autre un discours second, reformulation et paraphrase du premier destiné au plus grand nombre, mais un continuum, dans lequel les scripteurs, leurs textes et leur diverses intentions se mêlent intimement. »* (Jacobi, *ibid.*).

Le contexte et les questions de notre recherche ne mettront pas en jeu ni en débat ce continuum, par suite du caractère très marqué des documents choisis et dont l'effet est, qu'à tord ou à raison, aucun des intervenants de notre investigation n'a vu dans ces textes des documents scolaires classiques. Les commentaires critiques ou approuvateurs à propos de ce statut « ludique » ne manqueront pas.

Sans doute, la « rhétorique de vulgarisation » a-t-elle été décisive de ce point de vue, avec, notamment, sa prédilection pour les figures de style classiques (analogie, comparaison, métaphore) et l'utilisation dans ses illustrations du dessin humoristique.

Nous sommes bien entendu parfaitement conscients que, utilisant des documents non conçus pour un usage scolaire, nous détournons la finalité de ces documents et que par conséquent il ne nous appartient pas de faire la critique de leur conception ni de leur réalisation, même si nous nous proposons d'envisager un travail critique des élèves à leur propos.

Cela dit, notons que, dans les manuels scolaires même, on retrouve des documents de VS empruntés mais aussi des conceptions originales des auteurs dont la structure se calque sur ces mêmes documents de vulgarisation. Dans cette approche exploratoire, nous avons assimilé l'un de ces documents à la catégorie des documents d'origine non scolaire – « origine » étant entendu au sens de la conception et non au sens du support de publication initial. Rien n'interdirait, pour ceux que nous avons choisis, que le support en soit les revues et journaux, les émissions scientifiques télévisées, les ressources Internet ou encore les cd-

rom parascolaires, etc. En revanche, les questions qui accompagnent ces documents dans les manuels sont susceptibles d'orienter de façon décisive leur lecture : nous y reviendrons.

Notre problématique ne concerne que le contenu et la forme de ce qui peut être « raisonnablement » - c'est bien sûr une définition floue - proposé aux élèves de la classe concernée. Les élèves étant les cibles de ces documents en tant que consommateurs potentiels, il apparaît évident que nous nous limitons à une forme de vulgarisation dite grand public. Le document étant pris comme tel, nous voudrions éclairer les conditions de son emploi scolaire éventuel.

Nous avons choisi d'utiliser des documents « papier », le plus simple pour un usage en classe. En effet, le côté pratique du document papier est un élément important pour les professeurs qui voudraient mettre en place une telle démarche. De plus, l'utilisation des TICE dans la classe, par exemple, met en jeu d'autres facteurs (comme l'ont montré d'autres recherches - voir en particulier Beaufiglioli, Le Touzé, Richoux H. & B., 1996) qui auraient probablement interféré avec l'objet de nos analyses.

L'image : un rôle central

La part prépondérante prise par l'image dans la vulgarisation est un critère de choix pour une première délimitation des sources que nous pouvons exploiter.

Alors que la dimension iconique des documents de V.S. a été dans un premier temps (Jacobi, 1986) beaucoup moins prise comme objet de recherche que le discours de V.S. lui-même, depuis une vingtaine d'années, d'importantes recherches ont été menées afin de définir le rôle de l'image dans l'apprentissage et dans la littérature de vulgarisation (pour une synthèse voir par exemple, Perraya et Nyssen, 1995). Au terme d'image se voit souvent associé ceux relativement polysémiques d' « illustration » (*ibid.*: 1) et de « schéma » (*ibid.*: 31). Une typologie des images s'appuyant sur leurs caractéristiques ou / et leurs fonctions, deux aspects fortement corrélés et par conséquent difficilement isolables, a fait l'objet de nombreuses propositions (Perraya et Nyssen, 1995).

Dans le cadre de ce travail, nous proposons la classification suivante des images :

- images explicatives : il s'agit d'images qui ont pour vocation de participer à la compréhension d'un concept ou à son élaboration mentale.
- images informatives : elles portent une information, mais cette information n'est pas en lien avec un quelconque concept de physique.
- images illustratives : elles ne font qu'illustrer le propos et n'apportent, au mieux, que des informations très secondaires (en regard des objectifs que se fixent *a priori* le document) ; se pourrait être la photographie d'un chercheur par exemple.

Cette classification ternaire s'inscrit, en la détaillant, dans celle établie par Kress and van Leeuwen (1996) qui proposent : “ (...) *we noted that visual structures of representation can either be narrative, presenting unfolding actions and events, processes of change, transitory spatial arrangements, or conceptual, representing participants in terms of their more or less stable and timeless essence, in terms of class, or structure, or meaning.*”¹³ Nous distinguons ici, dans la catégorie que ces auteurs nomment « conceptuelle », une image *a priori* connectée de relativement près à une meilleure compréhension du message principal d'une autre qui fournirait simplement un élément informatif plus anecdotique, (tel le lieu d'un laboratoire, par exemple). Cette classification, bien sûr, ne saurait prétendre définir des limites étanches et des

¹³ « (...) nous remarquons que les structures de représentation peuvent être soit narratives, présentant le déroulement d'actions et d'événements, des processus de changement, des arrangements spatiaux transitoires, ou bien conceptuels, représentant les participants en termes de leur essence intemporelle plus ou moins stable, en termes de classe ou de structure, ou de signification. »

classements sans appel. Nous soulignons à ce propos avec Mottet (1996 : 15) que c'est non point l'image qu'il faut considérer, mais la « situation-image » et la façon dont on va l'étudier : *« Il importe donc de considérer non pas les seules images et leur valeur informative mais la « situation-image » complexe, s'inscrivant dans une progression d'apprentissage et comprenant indissociablement la tâche et les supports imagés, ce qu'il y a à voir et ce qu'il y a à faire. Quelles images pour quoi faire ? est la double question que l'on doit se poser, dans la perspective d'une construction active des savoirs scientifiques par les élèves. »*.

Pour les besoins de ce travail autour de la lecture et de la compréhension des documents, la classification des images proposée est apparue suffisante au regard des éléments expérimentaux limités dont nous disposons.

Il va de soi, que porter l'attention des élèves sur les images explicatives n'aura pas les mêmes incidences sur la compréhension que si l'on se centre sur les deux autres catégories d'image. Dans cette étude, nous ne chercherons pas à savoir si les élèves sont en mesure de prendre conscience de cette distinction. Cependant, nous orienterons les activités sur les images explicatives, et c'est celles-ci que l'on tâchera de relier conceptuellement au reste du document.

Revenant au choix des DONS, du point de vue de l'image, on remarque que de nombreux articles de revues proposent des illustrations (photos de scientifiques ou de laboratoire, dessins d'agrément...) mais pas nécessairement une « image explicative ». En cohérence avec nos choix déjà spécifiés, nous avons choisi ici de travailler sur des documents qui allient le texte et l'image explicative, c'est-à-dire une image censée apporter des éléments de compréhension au niveau conceptuel. Le schéma explicatif (voire modélisant) étant un outil didactique fréquemment utilisé par les professeurs de sciences physiques, il nous a semblé qu'il y avait dans la confrontation entre le possible schéma du professeur et le schéma proposé par le vulgarisateur un élément d'analyse potentiellement fructueux.

Nous n'attendons nullement que la lecture de l'image se fasse de façon triviale (voir par exemple le volet sur ce thème du projet STTIS, Pinto et al. 2001), pas plus que celle de l'ensemble du document, souvent marqué par un découpage en zones dont les liens ne sont pas nécessairement, c'est le moins que l'on puisse dire, évidents (Lowe, 1996). Nous ne pouvons que rejoindre Astolfi (1988) sur ce point : *« Les images ne sont pas pour les élèves plus transparentes que les textes et il importe d'en répertorier les obstacles, les pièges et les double-sens »*. Une typologie de ces obstacles est par exemple proposée et mise à l'épreuve dans le cadre du projet STTIS (voir numéro spécial IJSE, mars 2002 dont Colin et al., 2002). La faible sensibilité des enseignants sur ce thème amène, tout d'abord, à s'interroger sur leur formation et, ensuite à leur proposer des outils (voir par exemple Viennot et al., 2004).

Du point de vue de la nécessité d'un guidage, qui prend ici toute son acuité, nous trouvons des mises en garde et des indications dans l'abondante littérature de recherche sur ce thème. Notamment, à propos de l'image dans les films scientifiques, Scrive (1989) remarquait que l'image conceptuelle est une reconstitution *a posteriori* de découvertes dont le chemin est le plus souvent totalement ignoré, opposant cette réalité au fait que la compréhension d'un concept ne passe pas par « le résultat » mais par « la démonstration ». Nous pouvons sans mal généraliser ce constat aux images conceptuelles des documents papier. Mais, s'il y a une nécessité pour le lecteur à retrouver, au moins en partie, le chemin de la démonstration pour acquérir le concept, cela peut-il s'effectuer sans aucune forme d'accompagnement ou de préparation ? La tâche semble d'autant plus ardue que le document présente des zones de statuts différents. Comme le remarque A. Robert (1987) avec étonnement, bon nombre

d'enfants ont recours essentiellement au texte (voire exclusivement), et très peu font intervenir l'interaction texte/image voulue par l'auteur, d'où la conclusion que les élèves sont tributaires de leur mode d'apprentissage de la lecture qui se fait de façon linéaire comme pour un texte narratif, et qu'ils ne peuvent s'en dégager spontanément, ne connaissant pas d'autre façon de s'y prendre.

Cela dit, nous sommes conscient que le travail en groupe, le seul que nous ayons pu observer *de visu*, se prête mal à une étude ciblée sur ces aspects. Sur ce terrain de l'action-même d'exploration du document, nous ne disposons pas de données individuelles exploitables. Nous nous bornons donc à prendre en compte, dans la sélection de nos documents, une évaluation estimée (*a priori*, par nous) de la difficulté de lecture. Les élèves seront amenés à analyser un premier document simple du point de vue de l'image et de la structure de zones, tandis que les deux documents qu'ils analyseront ensuite seront de complexité accrue de ce point de vue, et le guidage s'adaptera à ce choix. Notons de ce point de vue une étude antérieure (Viennot *et al.* 2002), qui souligne que des images explicatives présentant des sources éventuelles d'incompréhension peuvent être analysées avec profit par des personnes initialement peu averties, à la faveur d'un accompagnement tendant à déjouer les incohérences conceptuelles d'une lecture trop superficielle.

Des contenus en lien avec le programme

Au niveau du contenu, l'offre se porte souvent sur des contenus très à la mode, voire touchant la recherche fondamentale la plus avancée, qui ne permettent sans doute qu'une approche très superficielle de savoirs particulièrement complexes. En outre, nous ne perdons pas de vue que l'activité doit être en relation avec des concepts au programme de la classe, ce qui intéresse les professeurs au premier chef. Par conséquent, les DONS sélectionnés devront avoir, de près ou de loin, un rapport avec au moins un point du programme de la classe, sachant qu'il n'est pas interdit d'en étendre la compréhension à d'autres notions connexes.

On peut se demander si le niveau scolaire d'un élève est un élément déterminant de l'approche qu'il peut avoir d'un DONS, et si oui, dans quel sens influe ce facteur. Dans le cadre limité de ce travail, nous ne retenons que le niveau de la classe de seconde générale, classe à l'issue de laquelle se dessine l'orientation des élèves vers une spécialisation, scientifique ou non. Il s'agit d'un niveau charnière, où il n'est pas simple de susciter l'intérêt dans une population dont l'avenir – y compris en matière d'usage de la VS – est divers, mais aussi où les vocations peuvent s'affirmer. Certes, l'approche qu'auront les élèves vis-à-vis des DONS proposés sera probablement différente pour les élèves qui se destinent aux sections scientifiques et pour les autres, et même, il n'est pas certain qu'il faille viser les mêmes objectifs pour ces deux catégories d'élèves. Lors de l'analyse des réponses aux différents questionnaires, nous repèrerons les éléments susceptibles d'éclairer ce point.

11. ANALYSE CRITIQUE DE DOCUMENT : UN ACCENT SUR LA HIERARCHIE DES « EFOP »

L'imbrication de nos préoccupations – l'avancée conceptuelle et le développement de l'analyse critique – nous conduit à une centration assez particulière de notre investigation, et de celle des élèves. Nous ne connaissons d'ailleurs pas de précédent bibliographique pour cette approche.

Pour un document donné (DONS), il nous semble important que l'élève repère des simplifications, inhérentes à la VS, présentes dans ce document. Ceci devrait permettre une meilleure appropriation du message principal et des concepts en cause. Mais aussi, nous proposons l'idée que, pour une compréhension optimale du document, ces éléments (E) voulus par le rédacteur comme « facilitateurs » (F) de la lecture, doivent être mis en perspective en fonction de leur impact probable sur la compréhension du message en cause. Par exemple, s'il était probable que telle analogie, ou tel changement d'échelle, par exemple, devienne en fait un obstacle sérieux à la compréhension (OP : obstacle potentiel), cet élément (EFOP : élément facilitateur - obstacle potentiel) serait à classer en tête de liste des facilitations « problématiques ».

En parlant d'obstacle à la compréhension, nous impliquons des préoccupations de l'ordre de la cohérence interne de la théorie enseignée qui pourrait se trouver de fait niée, explicitement ou via diverses suggestions. En parlant d'élément voulu comme facilitateur, nous sommes sur le terrain propre de la vulgarisation et des moyens qu'elle met en œuvre. Cette notion de « EFOP » trouve donc son utilité au carrefour de ces deux composantes dont la fertilisation mutuelle est visée ici. C'est dans la partie concernant notre intervention pédagogique que nous expliciterons plus avant le réseau hypothétique de relations que nous postulons pour ce qui est des déterminants de l'évolution conceptuelle des élèves sur le terrain que nous leur proposons. La notion de hiérarchisation des « EFOP », du point de vue de leurs conséquences probables en termes de compréhension, y joue un rôle charnière.

12. DEMARCHE D'INVESTIGATION

Dans cette visée d'interaction fructueuse entre cadre scolaire et vulgarisation scientifique, pour un développement imbriqué de la compréhension de concepts et de l'analyse critique, que peut apporter de particulier le travail avec les DONS, y a-t-il des obstacles particuliers ou des chemins à privilégier ? Pour répondre à ces questions, nous avons envisagé des dispositifs de recherche impliquant plusieurs niveaux de préoccupation qui, de fait, s'imbriquent dans nos diverses expérimentations.

Notre travail s'est déroulé en deux parties : une phase exploratoire, sans intervention, où il s'agissait d'éclaircir divers paramètres de travail. Notamment, ceux qui concernent les perceptions des élèves et des enseignants face au document proposé (réaction face à l'effet accrocheur, compréhension du (ou des) objectif(s) du document, éventuellement regard critique spontané). Les éléments recueillis nous ont conduits à envisager une seconde phase d'intervention, au cours de laquelle nous avons travaillé en classe avec les élèves sur ces DONS avec les objectifs conceptuels et d'analyse critique évoqués plus haut. Ce travail de « guidage » concerne les élèves et leur professeur. C'est pourquoi, cette seconde phase nous a également conduits à enquêter sur la perception que les professeurs avaient de ce type de travail, tant au niveau de sa faisabilité que de l'intérêt de ses retombées.

Afin de ne pas multiplier les paramètres, nous avons choisi de conserver les trois documents sélectionnés tout au long de la recherche. Les paramètres qui les caractérisent, leurs points communs et leurs différences qui nous semblent *a priori* pertinents sont repérés et seront détaillés dans une première partie.

Comme nous l'avons déjà signalé, nous avons choisi de travailler avec des classes de seconde générale. Le niveau de connaissances scientifiques atteint par les élèves est alors suffisant pour aborder un grand nombre de concepts sous une forme vulgarisée et ces adolescents ont atteint une maturité qui peut leur permettre de faire preuve d'un jugement argumenté. De plus, il s'agit d'une classe de détermination qui présente l'avantage de comprendre des élèves qui se destinent à des études scientifiques et d'autres pour lesquels, bientôt, « physique » rimerait avec « vulgarisation scientifique ».

La phase exploratoire s'est étendue sur presque deux ans, avec des publics français diversifiés (élèves de différents niveaux, étudiants, professeurs stagiaires). Elle a concerné les documents choisis mais également une approche plus large du lien entre enseignement et VS, ceci à travers différents entretiens et questionnaires. Durant la phase de guidage, les élèves ont travaillé sur les différents DONS, en trois étapes réparties sur une année complète, et ce travail a concerné trois classes de seconde consécutivement, sur trois années. A l'issue de chaque année, nous avons mis en place à destination des élèves un bilan d'appréciation du travail effectué, sur un mode déclaratif. En parallèle, le travail effectué sur l'un des DONS concerné a été soumis à la critique de professeurs en exercice.

Les deux phases se sont déroulées dans deux établissements différents quoique très similaires, tant au niveau du contexte social que du niveau général des élèves. Ces établissements se situent en milieu urbain, ne sont pas classés en ZEP, et ne sont pas situés dans des quartiers difficiles ou particulièrement aisés. Le taux de réussite aux examens y est plutôt bon (légèrement au dessus de la moyenne nationale) sans y être exceptionnel. La part des élèves se destinant à la section scientifique se situe dans la moyenne nationale.

13. PLAN DE LA THESE

Plus précisément, la présentation de ce travail se décompose en quatre parties.

Une première partie sera consacrée à un état des lieux des pratiques et des tendances actuelles, tant au niveau des enseignants que des élèves, dans leurs rapports à la VS. Cette partie relate une enquête réalisée au sein d'un établissement scolaire avec pour objectif de nous informer des liens quotidiens qu'entretiennent les enseignants et les élèves avec la VS, dans et hors l'école. On y trouve également les résultats obtenus à la suite d'une autre enquête, par questionnaires et entretiens, réalisée auprès de professeurs stagiaires qui se sont rendus au Palais de la Découverte.

Dans une seconde partie, nous présenterons les DONS sélectionnés pour notre intervention didactique, puis nous dégagerons les résultats obtenus sur la perception des documents présentés aux élèves et aux enseignants. On s'intéressera, dans un premier temps, aux regards spontanés des différents acteurs (élèves et professeurs) sur le côté accrocheur et/ou motivant d'un DONS. Nous observerons également dans quelle mesure les objectifs supposés des auteurs sont atteints. On tentera aussi d'obtenir des informations sur la lisibilité du document en regard des zones qu'il comporte et, sur le repérage des facilités (EFOP) qu'il nous a semblé pertinent d'étudier.

La troisième partie sera consacrée à un bilan de nos séances de guidage. En écho aux résultats de la partie précédente, chaque document étant successivement pris comme objet

d'analyse, on s'intéressera à diverses étapes du parcours proposé, à la réaction des élèves à propos de sa construction (lisibilité, zones...), de son efficacité (repérage des difficultés), de sa cohérence. Sur ce dernier plan, notre attention se portera tout particulièrement sur les éléments de facilitation « à risque » (EFOP). Plus précisément, on observera comment les élèves établissent, ou non, une hiérarchie entre ces éléments du point de vue de leur impact probable sur la compréhension du message principal et dans quelle mesure nos hypothèses sur les liens entre compréhension, hiérarchisation et satisfaction trouve un écho dans les faits observés. On tentera de faire ressortir l'apport des séances de guidage sur ces aspects.

Enfin, la quatrième partie présente le bilan de satisfaction réalisé auprès des élèves qui ont participé aux séances de guidage, en distinguant ceux qui se destinent aux études scientifiques et les autres. Cette partie présentera également la perception de quelques enseignants sur le travail effectué afin d'en déterminer la pertinence, telle qu'elle est évaluée par les plus concernés.

La conclusion reviendra sur ce que nos éléments d'observation versent au dossier des questions à l'origine de ce travail, et sur les perspectives que celui-ci contribue à éclairer.

En annexe, le lecteur pourra trouver le synopsis de toutes les enquêtes (annexe 0 p.292), entretiens et films réalisés, certaines retranscriptions d'entretiens et les tableaux récapitulatifs des bilans des différentes enquêtes en regard des critères retenus.

1^{ère} PARTIE

Utilisation de la VS à l'école ? Deux sondages sur les pratiques en classe.

1.	INTRODUCTION	37
2.	RAPPORT DES ELEVES ET DES ENSEIGNANTS A LA VS A L'ECOLE ET EN DEHORS DE L'ECOLE	37
2.1.	<i>L'essentiel des résultats de l'enquête</i>	38
2.2.	<i>Les résultats de l'enquête en détail</i>	42
3.	PREPARER ET EXPLOITER UNE VISITE DE MUSEE : LES INTERROGATIONS DES PROFESSEURS.	50
3.1.	<i>L'essentiel des résultats de l'enquête.</i>	50
3.2.	<i>L'enquête en détail</i>	53
3.2.1.	<i>Les attentes avant la visite</i>	53
3.2.2.	<i>Enquête sur les conférences a posteriori.</i>	57
3.2.3.	<i>Entretiens à propos des conférences.</i>	61
4.	CONCLUSION	71

1. INTRODUCTION

Cette première partie présente divers éléments d'investigation visant à situer notre travail dans un contexte relativement local et actuel. Les réactions d'enseignants et d'élèves d'un lycée analogue à celui de notre travail ultérieur, à propos de l'usage de la vulgarisation en classe, et celles d'enseignants français du secondaire actuellement en formation (« stagiaires PLC2 » en Institut Universitaire de Formation des Maîtres, leur première année d'enseignement), à propos des visites de musées, fournissent un éclairage pour évaluer la pertinence de notre expérimentation didactique. Pour autant, les relativement faibles effectifs concernés ne confèrent pas à ces études préliminaires un statut fondateur de résultats sans appel. En effet, ces premiers éléments recueillis ont, en l'absence de résultats de recherche antérieurs recueillis dans un contexte analogue, une valeur heuristique. Il s'agissait avant tout d'un recueil d'indices visant à élaborer les parties suivantes. Comme on pourra s'en convaincre plus loin, les éléments qui se dégagent des deux enquêtes qui vont suivre prennent leur valeur dans les parties 2 et 3, lorsque les résultats font écho à ces premiers éléments recueillis. D'autre part, la multiplicité des questions posées dans l'enquête peut rendre fastidieuse la lecture des résultats. Compte tenu de ces éléments, nous avons choisi de résumer l'essentiel des résultats dans les premières parties de chaque section (2.1 et 3.1). Le lecteur désireux d'avoir plus de détails sur les conditions et résultats de l'enquête pourra consulter les secondes parties (2.2 et 3.2). La section 4. résume nos premières conclusions.

2. RAPPORT DES ELEVES ET DES ENSEIGNANTS A LA VS A L'ECOLE ET EN DEHORS DE L'ECOLE

Nous avons entamé ce travail sur la base d'un sentiment diffus qu'il y avait un décalage entre la VS et les pratiques scolaires, au sens d'une ignorance mutuelle, et il nous a semblé nécessaire de nous informer plus précisément sur ce point.

Nous avons donc réalisé une enquête auprès des professeurs et des élèves de 2^{nde} générale d'un même établissement scolaire. 23 professeurs ont répondu à notre questionnaire (voir annexe I.a. p. 294). Parmi eux 10 sont des professeurs de sciences, dont 5 en physique-chimie. Deux classes de 2^{nde} (N=68) ont été interrogées à partir d'un questionnaire similaire (annexe I.b p. 296). Compte tenu des faibles effectifs concernés, les résultats de cette enquête n'ont qu'une valeur indicative. Tout au plus pouvons-nous en dégager des tendances sur la perception de la VS par les enseignants et par les élèves et, ainsi, sur la place qu'occupe la VS à l'école, ceci dans un contexte proche de notre expérimentation ultérieure. Il est utile en effet de préciser que cette enquête a été effectuée dans l'établissement où s'est déroulée la phase préliminaire d'analyse des documents par les élèves, la phase d'évaluation d'un processus de guidage ayant eu lieu dans un autre établissement de profil analogue.

La présence dans l'échantillon des professeurs de personnels non-scientifiques tient au choix d'interroger tous les enseignants d'un même établissement, lequel a un profil très voisin de celui impliqué dans la suite de notre étude. Ces enseignants sont tous, en effet, susceptibles d'être intervenus, dans les classes antérieures, y compris sur des thèmes scientifiques, auprès des élèves que nous interrogeons sur le même sujet : la pratique d'activités liées à la VS.

Comme l'offre de VS à destination du grand public est très diversifiée, nous avons en particulier cherché à savoir quelle était la place de la physique dans l'intérêt que portent élèves et professeurs à la VS. Le questionnement a porté également sur la nature des supports de VS utilisés, sur leur fréquence d'emploi ainsi que sur la crédibilité accordée à chacun de ces supports.

Nous nous sommes également intéressés au bénéfice ou au manque ressenti par chacun, élève ou professeur, à la suite de la consultation d'un document de VS.

2.1. L'essentiel des résultats de l'enquête

A propos de l'intérêt pour la VS et de la fréquence de consultation

L'analyse des réponses des professeurs, qu'ils soient ou non professeurs de sciences, indique que ceux-ci disent s'intéresser à la VS et la lire relativement régulièrement.

Du côté des élèves, le constat est moins assuré. Notre enquête semble indiquer que les élèves n'ont pas un intérêt bien marqué pour la VS. Ils ne la consultent qu'occasionnellement. Pourtant les enquêtes de publication (voir les enquêtes publiées sur le site NMPP : <http://www.nmpp.fr>) montrent que le public est au rendez-vous. Faut-il croire que les élèves de 2^{nde} générale ne font pas partie du public touché par ces magazines ?

Lorsqu'on interroge les élèves plus en détail sur ce qui les intéresse dans la VS, on constate tout de même que lorsqu'ils consultent un document de VS, ils y trouvent le plus souvent un réel intérêt, citant ici ou là des exemples de ce qui a pu les passionner. Il n'y a donc pas, *a priori*, une attirance spontanée forte des élèves pour la VS en général, mais, si d'une façon ou d'une autre, les adolescents sont amenés à consulter la VS, ils peuvent se montrer intéressés. Partant de cette hypothèse, on peut considérer que le professeur peut avoir un rôle crucial de déclencheur dans une démarche de consultation et d'utilisation de la VS par les élèves.

Sur la base de ces premiers constats, nous pouvons penser que le fait de proposer des activités en classe utilisant des documents de VS ne provoquera pas une opposition franche.

A propos du support d'information utilisé

Du côté des professeurs, on constate que les émissions de télévision, les revues et les musées sont les supports les plus consultés. Il est par contre surprenant de constater que les professeurs accordent le maximum de clarté aux émissions télévisées et que, par contre, ils

leur attribuent une faible valeur scientifique alors qu'ils accordent plus de crédit aux revues et aux musées.

Les élèves, quant à eux, consultent surtout la VS par l'intermédiaire de la télévision. Les revues et les musées viennent au second rang mais dans des proportions non négligeables. Il n'y a pas de différence très marquée concernant la clarté accordée par les élèves à ces différents supports. Par contre, là encore, les élèves semblent attribuer plus de valeur scientifique aux revues et aux musées qu'à la télévision, mais ce fait est moins marqué que chez les professeurs.

Enfin, on retiendra que élèves comme professeurs disent ne consulter que très peu la VS via Internet. Nous ne disposons pas de données sur les pratiques de la population française en matière d'information scientifique sur l'Internet.

Selon un sondage Pew Internet et American Life Project datant de novembre 2006 (http://www.pewinternet.org/pdfs/PIP_Exploratorium_Science.pdf) :

Les Américains cherchant des informations scientifiques se tournent d'abord vers la télévision (41%) puis vers Internet (20%), sans toutefois croire tout ce qu'ils y trouvent, et peu vers les journaux et magazines (14%) ou la radio (4%), (...) L'écart entre télévision et Internet disparaît dans les foyers équipés d'un accès à haut débit au réseau informatique mondial: 34% cherchent sur le Web et 33% regardent la télévision.

L'échantillon que nous avons testé est bien sûr trop restreint et trop ciblé pour effectuer une comparaison avec cette enquête. Nous remarquons simplement que les individus de notre échantillon utilisent probablement beaucoup moins l'Internet que la moyenne. Seule une étude plus ambitieuse pourrait éclaircir la place qu'occupe l'Internet dans l'information scientifique actuelle, en particulier en France. Ce n'est, bien entendu, pas l'objet de la recherche que nous avons menée.

A propos des contenus consultés et des apports de la VS

Les professeurs scientifiques consultent *a priori* plus volontiers des sujets en relation avec leur discipline d'enseignement. Au palmarès des thèmes le plus consultés, on retrouve l'astrophysique, l'environnement et les origines de la vie. Pour les autres professeurs, on retrouve ces mêmes thèmes auxquels s'ajoutent la santé et les neurosciences.

Les élèves semblent attirés dans une large mesure par les mêmes thèmes auxquels il faut ajouter celui des nouvelles technologies. Plus spécifiquement en physique, ce sont l'astrophysique et la structure de la matière qui font le plus recette.

A la suite de la lecture d'un document de VS, le sentiment qui prédomine chez les professeurs semble être que « c'était intéressant ». Souvent les professeurs déclarent que cela donne envie « d'en savoir plus » ou qu'ils se sentent « moins ignorants ».

Nous pouvons faire le même constat chez les élèves. Un nombre non négligeable d'élèves déclarent que ces documents de VS les aident parfois à comprendre des notions abordées en classe. Il faut souligner que les élèves ajoutent le facteur divertissement à l'apport proprement conceptuel, facteur dont il faudra donc tenir compte.

D'une façon générale, pour les élèves comme pour les professeurs, nous pressentons que l'aspect conceptuel abordé par les documents de VS n'est pas négligé.

A propos d'utilisation de la VS en classe et de l'incitation par les professeurs à sa lecture hors de la classe

Pour ce qui est d'utiliser la VS en classe, les professeurs scientifiques consultés déclarent, en majorité (voir les résultats dans la partie détaillée), s'y consacrer « de temps en temps » avec les élèves. La proportion est nettement moindre pour les autres catégories de professeurs.

Or, plus de 74% des élèves interrogés qui, rappelons-le, sont du même établissement que ces professeurs, disent n'utiliser la VS en classe que « rarement » ou « jamais ». Ce fait nous incite à penser que la question sur l'usage de la VS en classe embarrasse les professeurs et les amène à questionner leur pratique. Cette surestimation de l'utilisation de la VS par les professeurs pourrait être le signe d'une envie non suivie d'effets, l'entreprise étant peut-être jugée trop délicate à construire ou trop risquée à conduire.

En matière de consultation personnelle de la VS, notre enquête montre que seuls 3 professeurs scientifiques sur 10 admettent n'inciter les élèves que « rarement » à s'y adonner. Pour les autres, les termes de l'incitation vont de « de temps en temps » à « très souvent ». Là encore, la proportion s'inverse totalement pour les professeurs non scientifiques.

Mais, nous constatons une fois encore que 65% des élèves interrogés disent que leurs professeurs les incitent « rarement » ou « jamais » à consulter la VS.

Bien sûr, compte tenu du contexte de cette enquête (faible échantillon, particularité d'un établissement...), les chiffres sont à manier avec une extrême prudence et nous ne saurions les généraliser. Cependant, ils suggèrent, *a minima*, qu'il peut exister un réel décalage entre la perception que les professeurs interrogés ont de leur travail concernant l'utilisation de la VS et celle qu'en ont les élèves.

C'est en partie l'objet de notre travail que de rechercher les conditions d'un rapprochement.

En bref, cette première enquête sur l'approche générale de la VS chez enseignants et élèves nous a permis de dégager quelques tendances, ici mises en regard de nos choix d'étude.

Tout d'abord, nous retiendrons que la VS a une place dans la vie quotidienne des professeurs comme des élèves consultés et que par conséquent notre volonté de faire un lien avec la classe n'est pas infondée. Les pratiques des uns et des autres sont très diversifiées mais l'on constate que le maximum de crédit est attribué aux revues de VS et aux expositions scientifiques. Ce travail se concentrera sur la première catégorie (les DONS étudiés seront puisés dans cette catégorie), mais nous nous appuierons sur les travaux effectués en muséologie, à titre de comparaison ou pour recueil d'informations sur des préoccupations convergentes.

Ensuite, nous avons relevé que la pratique déclarée d'étude des DONS en classe est relativement faible. Nous n'avons pas d'information sur la nature des documents que les professeurs déclarent utiliser en classe, ni sur la nature du travail réellement effectué. Le

travail que nous proposons apparaît de ce fait comme susceptible d'apporter des informations utiles.

Enfin, les indications obtenues sur le ressenti après la consultation d'un document de VS semblent indiquer que l'aspect conceptuel n'est pas relégué sur un plan secondaire par les élèves ou par les professeurs, même non scientifiques. Cette observation appuie l'idée qu'il serait bien accepté d'envisager une activité conceptuelle sur la base d'un document de VS, y compris chez une bonne partie de la population scolaire non destinée à des études scientifiques.

2.2. Les résultats de l'enquête en détail

Cette partie a pour objectif d'étayer les constats énoncés dans la partie précédente. Le lecteur peut faire le choix de passer directement à la section 3 p. 50.

Nous donnons dans ce qui suit les thèmes de notre enquête et les résultats, par item de question fermée ou par catégorie de réponse sur question plus ouverte, sans autre commentaire, cette fois, qu'un bref résumé des tendances observées.

1/ Intérêt pour la VS

Question posée : **Etes-vous intéressé par les documents de vulgarisation scientifique ?**

La question a pour objectif d'avoir une idée de l'intérêt que les professeurs et les élèves portent à la VS d'une façon générale. Il s'agit de repérer un éventuel obstacle à l'utilisation de la VS à l'école.

1	Professeurs scientifiques N=10	Professeurs Non scientifiques N=13	Elèves N=66
Pas du tout	0	0	14
Un peu	1	3	27
Normalement	7	5	19
Beaucoup	1	3	6
énormément	1	2	2

Tableau 1.1 : intérêt des élèves et des professeurs pour la VS.

- 19 sur 23 des professeurs interrogés déclarent s'intéresser à la VS (de « normalement » à « énormément »). Il n'y a pas (sur cette échantillon très restreint) de différence notable entre les professeurs des matières scientifiques et les autres. L'intérêt pour la VS semble donc être très généralisé dans la population des professeurs.
- Du côté des élèves, on ne peut pas dire que la VS suscite un réel engouement. Cependant, seuls 14 élèves sur 68 déclarent ne pas s'y intéresser du tout. L'idée qui consiste à penser que les élèves s'intéressent davantage à la VS qu'à leur cours de sciences n'est donc pas si évidente.

2/ consultation de la VS

Question posée : **Consultez-vous les divers documents de vulgarisation scientifique ?**

Au-delà de l'intérêt pour la VS, la fréquence de consultation nous semble être un paramètre révélateur pour voir jusqu'où va cet intérêt.

2	Professeurs scientifiques N=10	Professeurs Non scientifiques N=13	Elèves N=66
Jamais	0	1	12
Rarement	2	0	33
De temps en temps	4	9	15
Régulièrement	4	2	6
Souvent ou très souvent	0	1	0

Tableau 1.2 : consultation de la VS par les élèves et les professeurs.

20 professeurs sur 23 disent consulter la VS (de « temps en temps » ou « régulièrement »). *A priori* donc, l'intérêt manifesté précédemment est concrétisé par une prise d'information. Ce constat, accrédite l'idée que la VS n'est pas étrangère à la majorité des professeurs.

De même, la consultation de la VS par les élèves s'aligne sur l'intérêt relevé à la question 1). Pour la grande majorité, ils ne la consultent que rarement. On verra pourtant qu'ils y trouvent un intérêt.

3/ Supports d'information

Question posée : **Quels documents (consultez-vous) ?**

On cherche ici à savoir quels supports sont utilisés dans la consultation de la VS. Notre proposition d'activité se basant sur un support papier, il est intéressant de connaître la position qu'occupe ce support par rapport aux autres.

3	Professeurs scientifiques N=10	Professeurs Non scientifiques N=13	Elèves N=66
TV	5	11	62
Journaux	3	6	8
Revue	8	7	30
Visites	7	8	22
Internet	3	1	6

Tableau 1.3 : types de supports d'information par la VS utilisés par professeurs et élèves (réponses non exclusives).

Chez les professeurs scientifiques, le support d'information utilisé est très diversifié avec une petite préférence pour les revues et les visites d'exposition mais la télévision n'est pas exclue. C'est justement la télévision qui est le mode d'information privilégié par les professeurs non scientifiques mais les journaux, les revues et les visites d'exposition ne sont pas négligés. L'Internet est très peu utilisé par les uns et les autres.

Les élèves s'informent essentiellement par la télévision. Comme on pouvait s'y attendre, la consultation des quotidiens n'est pas dans leurs habitudes. L'Internet n'est pas

non plus très utilisé pour consulter la VS, ce qui peut paraître surprenant dans le contexte actuel. Par contre, on peut relever le bon score obtenu par les revues scientifiques (Sciences & Vie junior étant fréquemment cité) et par les expositions (Cité des Sciences et de l'Industrie et Palais de la Découverte pour l'essentiel, dans cet établissement de la banlieue parisienne).

4/ Thèmes abordés

Question posée : **Quel(s) thème(s) vous intéresse(nt) plus particulièrement ?**

Il s'agit ici de savoir quelle est la place des thèmes associés à la physique (qui nous concerne pour cette recherche) par rapport à d'autres thèmes.

Professeurs scientifiques N=10	Professeurs Non scientifiques N=13	Elèves N=66
En rapport avec mes cours 1	Environnement 5	Environnement 6
Origine de la vie 3	Archéologie 2	Nouvelles technologies 12
Génétique 1	Génétique 5	Structure de la matière 4
Environnement 3	Astrophysique/espace 5	Géologie/volcanologie 15
Astrophysique 4	Neurosciences 2	Astrophysique/espace 15
Nouvelles technologies 1	Santé 7	Santé 26
Phénomènes naturels 1	Criminologie 1	
Santé 1	Phénomènes naturels 1	
Physique atomique 1	Biologie 2	
Chimie 1		
Biologie 1		
Géologie 1		

Tableau 1.4 : Thèmes d'intérêt pour les élèves et les professeurs (réponses non exclusives).

Les thèmes qui intéressent les professeurs de sciences sont, comme on peut le voir, très diversifiés. Ils dépendent de la matière enseignée, par exemple, les professeurs de SVT s'intéressent avant tout à des sujets de biologie ou de géologie. On notera l'intérêt récurrent pour les questions d'environnement et pour l'astrophysique.

Pour les non-scientifiques, on relève encore une bonne diversité des thèmes. La santé, la génétique et l'environnement, certainement parce qu'ils sont en lien avec des problèmes de société, reviennent le plus souvent. L'astrophysique reste un thème très porteur y compris pour ces non-scientifiques.

Les élèves s'intéressent de près à tout ce qui touche à la santé. On retrouve bien sûr en bonne place l'astrophysique et les nouvelles technologies. Ces deux catégories (avec la structure de la matière et l'explication des phénomènes naturels du type « orages ») cristallisent l'intérêt porté à la vulgarisation de la physique, chez les élèves comme chez les professeurs.

5/ Existence d'un travail lié à la VS en classe

Question posée : **Avez-vous déjà travaillé sur un document de vulgarisation scientifique en classe ?**

La question vise à nous éclairer sur la réalité (déclarée) d'un travail en classe utilisant la VS.

5	Professeurs scientifiques N=10	Professeurs Non scientifiques N=13	Elèves N=66
Jamais	2	7	22
Rarement	1	2	27
De temps en temps	7	3	13
Régulièrement	0	1	6
Souvent ou très souvent	0	0	0

Tableau 1.5 : Réalisation d'un travail en classe ayant pour support la VS

Seul un professeur non scientifique dit utiliser régulièrement des documents de VS avec ses élèves (et nous n'avons pas d'information sur la « nature scientifique » de ces documents).

Plus de la moitié des professeurs disent utiliser la VS en classe « de temps en temps » ou « régulièrement » alors que les élèves (du même établissement, qui pour leur grande majorité ont effectué la majeure partie de leur scolarité avec ces mêmes professeurs) considèrent, pour plus de 70% d'entre eux, n'utiliser « jamais », ou que « rarement », la VS en classe.

Pourquoi un tel décalage ? Peut-être doit-on considérer que les professeurs aimeraient utiliser la VS plus souvent mais que, ne sachant comment s'y prendre pour effectuer un travail d'ordre conceptuel, ils y renoncent. Peut-être doit-on y voir un aspect convenu et la difficulté à entériner ce à quoi l'on a, de fait, renoncé.

6/ Incitation des professeurs pour que les élèves consultent la VS

Question posée : **Incitez-vous les élèves à consulter des documents de vulgarisation scientifique ?**

Outre le travail en classe (dont l'absence peut éventuellement être justifiée par un manque de temps), il est intéressant de savoir si les professeurs incitent les élèves à consulter la VS (sous-entendu en dehors de la classe). En effet, une incitation éventuelle tendrait à montrer tout l'intérêt qu'un professeur peut porter à la VS, soit pour appuyer l'apprentissage d'un concept, soit pour un apport de culture scientifique.

6	Professeurs scientifiques N=10	Professeurs Non scientifiques N=13	Elèves * N=66
Jamais	0	3	20
Rarement	3	7	23
De temps en temps	2	1	23
Régulièrement	3	2	2
Souvent ou très souvent	1	0	0

Tableau 1.6 : incitation des professeurs pour une consultation de la VS par les élèves.

(*) La question posée aux élèves était légèrement différente de celle prévue pour les professeurs : « vos professeurs vous incitent-ils à... », et pour les professeurs « incitez-vous les élèves à... » (Voir annexe I.a et b. pp. 294-296).

Les résultats ici corroborent ce qui a été avancé précédemment : en grande majorité (10/13), les professeurs non scientifiques reconnaissent ne pas inciter, ou rarement, les élèves à consulter la VS, ce que confirment les deux tiers des élèves ; alors que 6 professeurs scientifiques sur 10 disent inciter les élèves de « souvent » à « de temps en temps ». Cet indice appuie l'hypothèse que cet état de fait (on incite peu les élèves à consulter la VS) est plus difficile à constater et à formuler lorsqu'on est professeur de sciences.

On peut tout de même se demander pourquoi les professeurs consultent régulièrement la VS et ne la conseillent pas tellement souvent à leurs élèves. Faut-il croire qu'ils pensent que ce qui est bon pour eux est néfaste pour les élèves ? Une autre hypothèse serait de dire que justement la méfiance vient du fait qu'ils pensent que les élèves ne disposent pas des clés pour que la VS vienne épauler l'enseignement des concepts.

7/ Quel(s) apport(s) éventuel(s) ressent-on après la consultation d'un document de VS ?

Question posée : **Le plus souvent, lorsque vous consultez un document de vulgarisation scientifique, vous pensez que :**

Il s'agit, au travers de cette question, d'obtenir des indices du niveau de satisfaction lors de la consultation de la VS. On cherche aussi à savoir si cette satisfaction éventuelle est associée aux aspects conceptuels ou a un apport de culture scientifique, ou encore à un aspect plus ludique.

Les différentes formulations retenues, et le fait que plusieurs réponses sont possibles, permettent de concilier un questionnaire à réponses pré-formulées et une certaine richesse dans l'expression des élèves.

	Professeurs scientifiques N=10	Professeurs Non scientifiques N=13	Elèves N=66
Cela n'a pas d'intérêt	0	0	4
C'était divertissant	1	2	24
C'était intéressant	8	11	49
Vous avez tout compris	1	0	10
Vous n'avez pas tout compris mais cela vous donne envie de comprendre	7	6	18
Vous ne comprenez pas parce qu'il vous manque des connaissances	2	3	19
Cela vous a aidé à comprendre certains aspects que vous avez vus dans vos études	6	4	-
Cela vous a aidé à comprendre certains aspects que vous avez vus en classe	-	-	20
Cela donne de l'intérêt à ce que vous avez vu pendant vos études	2	3	-
Cela donne de l'intérêt à ce que vous avez vu en classe	-	-	16
Cela vous donne envie d'en savoir plus sur le sujet	6	8	17
Vous êtes un peu moins ignorant qu'auparavant	3	7	34
Cela vous aide à mieux cerner les problèmes de société	2	5	11

Tableau 1.7 : Jugement sur l'apport ressenti lors de la consultation d'un document de VS (réponses non exclusives).

Le ressenti des professeurs consultés, scientifiques ou non, à la consultation d'un document de VS est que « c'est intéressant » ! On peut faire le même constat pour les élèves. Ce qui est plus surprenant compte tenu de l'intérêt très moyen que ceux-ci déclarent y porter et de la relative faiblesse, chez eux, de la consultation des documents.

L'argument « c'était divertissant » n'est pas négligeable chez les élèves (34% des réponses), cependant il se positionne loin derrière la réponse « c'était intéressant » (74%). On aurait pu penser que l'aspect ludique aurait pris une importance plus considérable chez les élèves.

On remarque également que reviennent souvent des commentaires qui montrent qu'un document de VS donne envie d'approfondir le sujet, parfois pour compléter des connaissances universitaires, ou tout simplement pour comprendre... Comme on peut le voir, l'aspect conceptuel n'est pas absent de l'attente des uns et des autres.

Pour les élèves, il est à noter que ces documents de VS viennent compléter parfois les enseignements mais aussi, pour environ un quart de l'effectif, leur donnent de l'intérêt et du sens.

Un autre aspect intéressant se dégage lorsqu'on constate que bon nombre de professeurs non scientifiques et d'élèves disent se sentir moins ignorants après la consultation d'un document de VS et pensent que cela les aide à mieux cerner les problèmes de société. On voit ici se manifester un autre point d'appui pour l'utilisation de ressources non scolaire dans l'enseignement des sciences.

En conclusion provisoire, les éléments mis en avant ici laissent au moins entendre que la VS peut susciter intérêt et motivation, et ce même d'un point de vue conceptuel, y compris pour des « non scientifiques ».

8/ Se souvient-on des documents de VS que l'on a consultés ?

Question posée : **Il vous arrive de comprendre un phénomène précis à l'aide d'un document de vulgarisation et de vous en souvenir :**

L'objectif de la question est de savoir si, d'après le lecteur, la VS atteint ses objectifs. On peut effectivement partir du principe que si un individu n'a pas l'impression d'avoir compris ce qu'il a lu, et qu'il n'en a aucun souvenir, alors le document n'a pas atteint ses objectifs.

8	Professeurs scientifiques N=10	Professeurs Non scientifiques N=13	Elèves N=66
Jamais	0	0	14
Parfois	5	8	42
Souvent	4	5	12

Tableau 1.8 : Prégnance des souvenirs des documents de VS.

Scientifiques ou non, les souvenirs de ce qui a été abordé par la VS sont relativement prégnants pour les professeurs. Cependant, nous n'avons pas d'information sur l'assimilation conceptuelle du sujet. Moins de 20% des élèves disent ne plus se souvenir de ce qu'ils ont consulté. Pour les autres, il serait aussi intéressant de savoir si ces souvenirs portent sur les concepts. Une étude beaucoup plus ambitieuse serait nécessaire pour le savoir.

9/ Crédit accordé aux différents supports de VS utilisés par les professeurs

Quels supports de VS apparaissent les plus clairs et quelle valeur scientifique leur attribue-t-on ?

Question posée : **Le plus souvent, quel crédit accordez-vous à la vulgarisation scientifique :
Donnez une note de qualité : 1 : faible.... 5 : excellent.**

Nous voulions ici connaître quel crédit les professeurs et les élèves attribuent à la VS sur documents papier par rapport à d'autres supports. Il s'agit encore une fois de repérer d'éventuels obstacles à la mise en place de nos futures séances.

On a effectué une moyenne des notes attribuées par chaque professeur ou élève afin d'attribuer une note sur 5 à chaque support dans les catégories de clarté et de valeur scientifique accordée.

9	Professeurs scientifiques N=10		Professeurs Non scientifiques N=13		Elèves N=66	
Support	Clarté	Valeur scientifique	Clarté	Valeur scientifique	Clarté	Valeur scientifique
TV	4,0	3,1	4,0	2,7	3,7	3,1
Journaux	3,0	3,0	3,8	3,6	2,8	2,8
Revue	3,7	4,1	3,7	4,2	3,3	3,4
Visites	3,4	3,4	3,6	4,3	3,5	3,7
Internet	2,3	2,5	3,0	2,5	3,1	3,0

Tableau 1.9 : Notes moyennes attribuées à la clarté et à la valeur scientifique des différents supports de VS.

Il est surprenant d'observer que la télévision est le support le plus clair pour les deux catégories de professeurs. Le pouvoir des images fait son effet. Y a-t-il confusion entre clarté du message et pouvoir attractif, lequel exclurait la valeur scientifique ? On peut se le demander lorsqu'on s'aperçoit que la valeur scientifique accordée par les professeurs aux émissions de VS télévisées est presque la plus faible (devant Internet).

Concernant la clarté, les élèves placent eux aussi, sans surprise, les émissions de télévision scientifique en tête, mais celles-ci n'obtiennent pas la meilleure note de valeur scientifique. Nos élèves auraient-ils un esprit plus critique qu'on peut le penser ?

Le score obtenu dans les items « revues » et « visites » est important et ce pour les deux catégories de professeurs mais aussi pour les élèves. Dans l'esprit des professeurs comme chez les élèves, ce sont, semble-t-il, les sources les plus fiables. Nous ne chercherons pas à éclairer la question dans ce travail, néanmoins, nous pouvons partir de l'idée qu'élèves et professeurs considèrent que la VS abordée dans les documents papier (issus de revues) que nous sélectionnerons n'est pas source de rejet.

Enfin, le score obtenu par la VS sur Internet est faible. En effet, très peu de professeurs ont renseigné cette catégorie, sans doute parce qu'ils ne consultent pas Internet dans ce but. Vu la note obtenue sur la valeur scientifique accordée, ils s'en méfient. Le score est un peu meilleur chez les élèves. La raison de ce fait et les pratiques de ces derniers constituent un domaine entier qu'il serait souhaitable d'explorer, mais cette recherche ne l'approfondira pas, par choix délibéré.

D'une façon générale, si l'on met ces résultats en relation avec le tableau 3 (tableau 1.3 p. 43), on peut dire que la clarté et le crédit accordés à un support par les professeurs et les élèves s'alignent largement sur leurs pratiques respectives.

3. PREPARER ET EXPLOITER UNE VISITE DE MUSEE : LES INTERROGATIONS DES PROFESSEURS.

Les pratiques des enseignants qui mettent les élèves en contact avec la VS sont, dans leur ensemble, assez méconnues. Mais un domaine est plus activement exploré : il s'agit des visites de musées. Ces pratiques, renforcées en France par les incitations du corps des inspecteurs, sont relativement courantes et bon nombre de recherches leur ont été consacrées, en particulier lorsqu'il s'agit de mettre en lien l'école et le musée (voir notamment les travaux de Allard 1999 et Allard & Boucher 1991, ou encore Feher & Rice 1985). De ce fait, nos préoccupations nous ont amené à nous renseigner sur les motivations des professeurs à effectuer une sortie avec les élèves, par exemple au Palais de la Découverte. La question sous-jacente est pour nous de savoir ce qui peut motiver les professeurs à utiliser la VS avec les élèves, et si ces motivations sont d'ordre général ou plus spécifiques à la « sortie musée ».

Nous avons donc réalisé une enquête auprès de professeurs stagiaires (N=14) qui s'apprêtaient à assister à trois conférences au Palais de la Découverte. Un premier questionnaire (voir annexe II.a. p.298) a précédé la visite, un second (annexe II.b. p.299) a fait suite à la visite. Afin d'approfondir certains points, une série d'entretiens a été réalisée (N=5) après la visite (annexe II.c. p.300)

3.1. *L'essentiel des résultats de l'enquête.*

Les questionnaires proposés aux stagiaires abordaient différents aspects de la préparation et de l'exploitation d'une conférence du Palais de la Découverte. Les entretiens nous ont permis de recueillir des commentaires plus détaillés, qui viennent appuyer les résultats des questionnaires.

Attentes et objectifs des professeurs

Les réponses aux questionnaires avant la visite indiquent que les stagiaires considèrent que ce type de conférence peut apporter quelque chose de différent aux élèves par rapport au travail en classe.

Trois aspects se dégagent des réponses données par les stagiaires pour justifier leur engouement pour la mise en place de la visite :

- une volonté d'apporter une motivation supplémentaire à l'élève,
- le souhait d'œuvrer pour une amélioration de la culture scientifique,
- la volonté d'établir des liens entre le contenu de la conférence et celui délivré en classe afin d'avoir une approche différente ou complémentaire sur un même thème.

Les entretiens qui ont suivi ces questionnaires nous ont permis d'approfondir certains aspects. En particulier, nous avons obtenu la confirmation que l'objectif premier des stagiaires lors de ce type de conférences avec leurs élèves est bien la recherche d'une motivation supplémentaire pour les élèves. L'espoir repose sur le côté accrocheur de ce type de conférence.

A propos de la préparation et de l'exploitation de la visite

Dans leur grande majorité, les stagiaires interrogés disent qu'une préparation de la visite est nécessaire. En particulier, il y a, *a priori*, un consensus sur le fait que le professeur doit avoir assisté à la conférence avant d'y amener ses élèves.

Par contre, les avis divergent sur le fait d'organiser une préparation avant la visite aux élèves. On voit apparaître ici un dilemme, notamment explicité dans les entretiens (voir plus loin p.61) : ne pas gâcher l'effet de surprise et profiter de l'effet motivant suscité par un apprentissage hors de la classe paraît incompatible, pour certains stagiaires, avec le souhait de préparer la visite et de l'intégrer au contenu des programmes. Cette incompatibilité ressentie par les stagiaires entre travail conceptuel préalable, d'une part, et effet attractif, d'autre part, est-elle bien réelle? Nous souhaitons ne pas nous enfermer dans une telle hypothèse.

A l'inverse, la nécessité d'une exploitation de la conférence *a posteriori* fait l'unanimité. La forme que doit prendre cette exploitation est sujette à débat. Il peut s'agir d'un simple retour sur les points non compris par les élèves ou d'une mise en lien avec les notions vues en cours. Les objectifs que se fixent les professeurs semblent en tout cas souvent liés, de manière parfois assez limitative, à l'acquisition des concepts au programme de la classe. Quoiqu'il en soit, il semble qu'il y ait chez les professeurs un souci de rentabilité par rapport au temps investi dans cette démarche. Dès lors, l'objectif de ces exploitations est souvent d'ordre conceptuel. Alors, si l'aspect conceptuel est valorisé par les professeurs dans le cadre des conférences, nous pouvons envisager d'explorer dans quelle mesure il peut prendre aussi de l'importance à leurs yeux dans le cadre de l'étude de documents papier.

Le regard critique des stagiaires sur la conférence

Nous avons constaté que les stagiaires s'expriment très peu sur le contenu de la présentation du conférencier. Le point le plus souvent évoqué est que le contenu risque de ne pas toujours être à la portée des élèves, ce qui semble être un problème pour ces professeurs. D'un autre côté, il est très difficile de faire s'exprimer les stagiaires sur les simplifications faites par le conférencier au cours de son exposé. La critique spontanée ne s'exerce donc pas ou bien reste très superficielle. Les commentaires recueillis lors des entretiens confirment cette impression : les simplifications inhérentes à la VS ne sont pas repérées, et le souci de les hiérarchiser du point de vue de leurs éventuelles conséquences sur la compréhension n'est pas exprimé.

Les stagiaires apparaissent, globalement, plutôt enthousiastes à l'issue de la conférence et mettent en avant son pouvoir attractif. En particulier, le fait qu'elle soit à la fois démonstrative et spectaculaire est souligné. Il naît même parfois un certain malaise à ce propos, l'enseignant ayant la sensation qu'il ne pourra jamais être aussi intéressant que le conférencier, ainsi ce commentaire : « *ça change du prof qui victime du contexte (et peut-être moins bon que le présentateur) est malheureusement bien moins intéressant* ». Une concurrence semble donc être ressentie entre le conférencier et l'enseignant. Plus largement, cela peut laisser soupçonner une concurrence similaire entre la VS et l'enseignement scientifique dans le cadre scolaire (Voir à propos des médias, Barthélémy Fabrice, Journalistes et enseignants : concurrence ou interaction? 2000). A la lumière de ces premiers commentaires, nous nous proposons de mettre en question cette « concurrence » en

envisageant un travail conceptuel utilisant la VS en classe, l'enseignant y intervenant comme guide. Dans la suite de notre recherche, nous étudierons dans quelle mesure les enseignants peuvent se voir proposer des dispositifs d'intervention didactique d'ordre différent – c'est-à-dire non du registre du spectacle – ayant aussi leur potentiel de motivation.

Réduction scolaire contre réduction anti-scolaire

Lors des entretiens, nous avons cherché à en savoir davantage sur le dilemme apparu à propos de l'éventuelle préparation de la visite. Notons au passage que ce dilemme s'exprime aussi concernant l'exploitation de la visite mais de façon moins conflictuelle.

Le dilemme se traduit par deux prises de position opposées chez les stagiaires, clairement liées, chacune, aux objectifs retenus. En effet, les uns partent du principe que tout travail conceptuel proposé aux élèves est de nature à écraser l'effet accrocheur, supposé motivant. C'est ce que nous appelons une attitude de **réduction anti-scolaire**, laquelle n'est pas sans lien avec le point de vue de Natali et Martinand, relevé par Triquet (2006 : 62 vol.1) : *il y a là un paradoxe : il s'agirait en effet, soulignent-ils, de transmettre des informations inévitablement complexes au moyen d'objets, d'images et de textes au sein d'une situation non pédagogique concernant des visiteurs n'étant pas en condition d'apprentissage. Ils relèvent là une antinomie entre les objectifs didactiques des concepteurs (réels, affirmés, ou niés, mais souvent justificateurs de l'exposition) et les attentes de situation de plaisir par le visiteur (plaisir ludique, cognitif, émotionnel, motivant de la visite).* Nous retrouvons là un écho du point de vue extrême déjà cité : « *le musée se veut le lieu de l'apprentissage heureux alors que l'école serait celui de l'apprentissage obligatoire* » (Caillet, 1995).

A l'inverse, certains semblent nier cet aspect ludique et conçoivent alors la visite comme une annexe de cours de sciences et se centrent sur des objectifs exclusivement scolaires, au sens de liés directement au programme. C'est ce que nous avons défini comme une attitude de **réduction scolaire**.

Concernant l'utilisation des documents papier, il sera donc intéressant de voir si ces deux types de « réductionnisme » se manifestent et si le dilemme apparaît de façon si évidente.

L'organisation d'un type nouveau d'activité et ses contraintes en termes de temps d'enseignement

Enfin les enseignants soulignent le problème d'organisation que représente une visite de musée et le temps que cela prend. Le souci de rentabilité du temps investi, largement évoqué, devrait prendre moins d'ampleur lorsqu'il s'agit de travailler sur des documents papier en classe. Cet argument a contribué à notre choix de travailler sur ces supports.

3.2. *L'enquête en détail*

Cette partie a pour objectif d'étayer les constats énoncés dans la partie précédente. Le lecteur peut faire le choix de passer directement aux conclusions, section 4 p.71.

Nous donnons dans ce qui suit les thèmes de notre enquête et les résultats, par item de question fermée ou par catégorie de réponse sur question plus ouverte, sans autre commentaire, cette fois, qu'un bref résumé des tendances observées.

3.2.1. **Les attentes avant la visite**

Analyse du premier questionnaire

Question 1 :

Quelles sont vos attentes *a priori* en allant assister à cette conférence ?

Les attentes de la part des stagiaires semblent très diverses. Cependant, on peut noter quelques points qui reviennent régulièrement, dont témoignent ces éléments de réponse :

-Découvrir le Palais.

-Voir si je peux y emmener mes élèves... Savoir si une telle visite peut être profitable pour les élèves. Idées d'insertion dans le programme.

-Espoir que ces conférences peuvent favoriser la motivation...

-Donner des idées de manipulations en classe, ou une nouvelle façon d'aborder l'explication d'un phénomène.

-Des attentes concernant un exposé interactif et spectaculaire, moins scolaire, autrement dit différent de ce qui se fait en classe ! Observer la réaction du public...

Il semble que les stagiaires dans leur grande majorité considèrent que ces conférences peuvent apporter quelque chose de différent par rapport à ce qu'ils font en classe.

Ceci n'exclut pas quelques rares avis négatifs qui se caractérisent par des commentaires du type :

- A priori négatif, conférence = monologue... (écrit tel quel)

On note également qu'à ce stade, les stagiaires ne s'expriment pas sur les prolongements de la conférence en terme d'enseignement des concepts du programme.

Question 2 :

En tant que professeur, quels seraient vos objectifs si vous organisiez une visite avec vos élèves pour assister à une conférence au Palais de la découverte ?

Les thèmes qui émergent ici s'expriment sous les formes suivantes :

-Donner une motivation supplémentaire, au moins une curiosité pour les sciences.

-Faire le lien avec le cours et/ou avec la vie quotidienne. Intégrer la conférence dans une séquence.

-Illustrer le cours d'une façon différente. Diversifier les approches.

- Œuvrer pour l'amélioration de la culture scientifique.*
- Découvrir la physique qui n'est pas abordée en classe.*

Il y a parfois eu identification entre les questions 1 et 2. Il est vrai que pour certains, les attentes correspondent directement à des objectifs d'enseignement, par conséquent, certaines réponses à la question 1 avaient pour fond les objectifs de l'enseignant lors de l'organisation d'une visite au musée avec ces élèves.

Un bon nombre de stagiaires (9/14) souhaitent relier la conférence au contenu des programmes. On peut s'interroger sur ce qui les pousse vers une telle démarche. Est-ce une préoccupation liée à l'acquisition des concepts ? Est-ce une volonté de rentabilité du temps investi dans une telle entreprise ? Mais on voit aussi que pour certains, c'est un moyen d'aborder la physique qui dépasse le seul souci des programmes scolaires.

Quoiqu'il en soit, les professeurs envisagent la conférence comme constituant une approche différente, complémentaire de ce qui est fait en cours et généralement plus motivante. La volonté de susciter curiosité et motivation est très présente. On pourra voir par la suite que cela fait apparaître un dilemme dans la démarche à suivre.

Question 3 :

Vous semble-t-il nécessaire de préparer la visite avant d'assister à la conférence avec des élèves ?

Dans leur grande majorité (10/14), les stagiaires jugent qu'il est nécessaire de préparer la visite.

Question 4 :

Si OUI, que comptez-vous préparer et comment comptez-vous le mettre en oeuvre ?
Si NON, pour quelles raisons ?

Pour les réponses positives, il ressort le plus souvent qu'il est nécessaire d'avoir assisté à la conférence avant d'y amener les élèves.

Certains (6/14) envisagent de préparer un questionnaire pour les élèves, l'objectif étant d'intégrer la conférence au cours. Les avis divergent sur la question « le questionnaire doit-il être donné avant, après, ou pendant la conférence » ?

D'autres (4/14) pensent qu'il est nécessaire d'avoir étudié en classe d'une manière ou d'une autre les notions abordées lors des conférences. Il est parfois proposé de donner des recherches à faire aux élèves avant la conférence.

D'autres encore (3/14), espèrent avoir une vision globale de ce qu'ils pourront faire : préparation et/ou exploitation.
Certains envisagent également de procéder à une évaluation.

Dans le cas de réponses négatives ou du type « oui et non » il ressort très souvent un dilemme : l'idée d'éviter de gâcher l'effet de surprise pour profiter de l'effet motivant suscité par un apprentissage hors de la classe paraît incompatible pour ces stagiaires avec le souhait de préparer la visite et de l'intégrer au contenu des programmes.

C'est justement toute la question : Faut-il que le professeur prépare sa visite ? Si oui, comment ? Doit-il inclure un travail préalable avec les élèves. Ces questions relatives à une sortie au musée sont bien sûr transposables à la préparation du travail sur un DONS en classe. Doit-on guider le travail des élèves ? Quelles étapes semblent souhaitables ? C'est ce que nous tenterons d'éclairer dans la suite de ce travail.

Question 5 :

Pensez-vous qu'il soit souhaitable de faire une exploitation en classe avec les élèves après la conférence ?

La réponse unanime est oui. Une telle exploitation est souvent jugée indispensable (8/14), les autres réponses la présentant comme souhaitable.

Question 6 :

Si OUI, Que pensez-vous préparer et Comment comptez-vous le mettre en oeuvre ?
Si NON, pour quelles raisons ?

Parmi les réponses, il est régulièrement (7/14) proposé de revenir en classe sur un questionnaire qui aurait été distribué aux élèves lors de la visite.

D'autres réponses (3/14) proposent une mise en commun à l'oral après une réflexion de quelques minutes, l'enseignant en profitant pour approfondir certains points.

Certains (3/14) proposent également que la conférence soit le point de départ de recherches de la part des élèves, voire d'exposés.

La question qui demeure est : quels sont les objectifs que vise le professeur à travers ces questions ?

Pour certains, il apparaît qu'il s'agit uniquement de revenir sur les points qui n'auraient pas été compris. On y ajoute très souvent l'objectif de faire le lien avec ce qui a été vu en cours.

Le professeur semble être parfois seul juge des points sur lesquels il est souhaitable de s'attarder :

« ... A coup sûr les élèves vont parler des expériences les plus spectaculaires. L'enseignant en profite alors pour poser des questions sur ces expériences, en particulier des questions orientées permettant d'amener une distinction entre ce que les élèves ont déjà vu et de nouvelles notions.

Ceci permet de faire le lien avec un nouveau cours ».

Cet autre exemple illustre que c'est le point de vue du professeur qui prime, comme si il y existait une appréhension à laisser les élèves exprimer leurs doutes ou leurs critiques :

« Faire un questionnaire sur la conférence et faire le point sur ce qu'ils ont retenu et souligner les notions qui nous paraissent importantes ».

Il y a visiblement, là encore, un souci de rentabilité du temps investi dans la démarche. Quoiqu'il en soit, qu'il s'agisse de reformuler et d'approfondir des notions difficiles ou bien de faire le lien avec les acquisitions du programme, il semble que l'objectif des professeurs soit d'ordre conceptuel. Ceci laisse penser que ceux-ci ne seraient pas opposés à généraliser le procédé à d'autres formes de VS.

Question 7 :

Quels avantages et inconvénients voyez-vous à organiser de telles visites avec les élèves ?

Trois avantages sont souvent cités :

- *La motivation et/ou la curiosité que suscitent de telles sorties avec les élèves.*
- *Le fait d'avoir une approche différente de la physique de celle qui est proposée en classe.*
- *Donner l'envie de se rendre dans des musées de ce genre.*

Les deux premiers points s'inscrivent, nous semble-t-il, dans la recherche d'un effet attractif. L'autre aspect, vise davantage à généraliser une approche culturelle des sciences, entre autres pour les futurs non scientifiques.

Les inconvénients qui sont régulièrement cités sont :

- *La lourdeur de l'organisation (pédagogique et administrative).*
- *La question de la responsabilité lors d'une sortie extra scolaire et les problèmes de discipline (qui bien souvent sont reliés).*
- *Le temps pris sur les séances de cours pour préparer et/ou exploiter la sortie.*

Les contraintes d'organisation et le coût en temps d'enseignement ne doivent donc pas être sous-estimés.

Question 8 :

Avez-vous assisté à des conférences similaires en tant qu'élève ? Quels souvenirs en gardez-vous ?

8 stagiaires sur 14 disent ne jamais avoir assisté à de telles conférences ou ne pas en avoir le souvenir (on constate donc que la sortie muséale avec les élèves n'était pas une pratique si courante dans la période de formation scolaire de ces enseignants). Les autres en ont gardé plutôt un bon souvenir, même si certains reconnaissent que ce fût plutôt une récréation que quelque chose de réellement constructif.

Aucun n'a évoqué une quelconque préparation et/ou exploitation en classe avec le professeur. Si ces activités ont existé, elles ne semblent pas avoir marqué ces futurs professeurs.

Il semble cependant que l'effet motivant puisse perdurer un grand nombre d'années car certains professeurs (3/14) indiquent que des souvenirs d'enfance les ont profondément marqués et ont contribué à leur motivation pour les études scientifiques. Le rôle joué par la VS dans le facteur de motivation n'est donc pas à négliger.

Question 9 :

Avez-vous l'intention d'organiser prochainement une excursion de ce genre avec vos élèves ?

3 stagiaires disent ne pas avoir l'intention d'organiser une sortie de ce genre dans l'année.

7 répondent « peut-être », quatre seulement disent vouloir le faire.

L'année de stage constitue sans doute un handicap pour l'organisation d'un évènement de ce type. Il reste que la majorité semble intéressée par, ou au moins envisage, le fait d'intégrer cette démarche à leur enseignement, plus tard. La situation semble en tout cas plus ouverte que ce qu'exprimait, de manière certes un peu tautologique, Cora Cohen : « *Nous avons pu observer la part importante des représentations négatives en France sur le musée chez les enseignants peu pratiquants de ces espaces* » (Cohen 2001, p.194).

Question 10 :

Commentaires libres :

Nous recueillons seulement trois remarques, en cette fin d'un long questionnaire:

-« *Je suis heureuse d'assister à ces conférences* »

-« *Il faut profiter de ce genre de musée...* »

-« *J'espère que nous aurons des infos pour préparer une visite dans un musée avec les élèves...* »

Ces quelques commentaires relatent une vision positive des sorties scolaires au musée. Nous pouvons aussi y déceler un questionnement sur la façon d'opérer avec les élèves.

3.2.2. Enquête sur les conférences a posteriori.

Analyse du second questionnaire

Pour apprécier l'effet effectivement produit sur les stagiaires par une visite au Palais de la découverte, nous leur avons soumis un questionnaire à remplir chez eux et à retourner à leur gré. 6 questionnaires seulement sur 14 nous sont revenus. Cette visite avait comporté trois exposés, l'un sur les effets inertiels sur un plateau tournant, l'autre sur des expériences à la température de l'azote liquide et le dernier sur l'électrostatique.

La plupart des stagiaires ont choisi de parler de l'exposé concernant le premier thème, impliquant la force de Coriolis et la force centrifuge. Certains ont choisi les expériences à -180°C. Les expériences d'électrostatique n'ont été évoquées qu'une fois.

Question 1 :

Quelles étaient vos attentes *a priori* en allant assister à ces conférences ?

Les réponses sont très variables et parmi elles nous avons relevé les commentaires caractéristiques suivants :

-« *Je n'avais pas d'attente particulière* »

-« *Je ne savais pas si nous allions voir des conférences pour les élèves ou si l'on allait nous expliquer comment exploiter des conférences avec les élèves* »

-« *Me donner envie d'organiser une visite au Palais* »

-« *Observer la démonstration des théories* »

Il est intéressant de noter la diversité des points de vue, qui répond, il est vrai, au côté très ouvert de la question. Au passage, une questions déjà soulevée réapparaît ici : y a-t-il un intérêt à former les professeurs à exploiter la conférence qu'ils vont voir avec leurs élèves, notamment quant au statut de l'expérience de démonstration ?

Question 2 :

L'animateur a-t-il présenté le(s) objectif(s) de la conférence ?

Pour une même séance, sur 6 réponses nous obtenons 4 « oui » et 2 « non ».

Le fait que les perceptions soient différentes en fonction des individus pour une même séance n'est pas totalement surprenant, mais il témoigne dans une certaine mesure d'un manque de clarté de la part de l'animateur, ou d'un manque de questionnement des stagiaires sur ce point, au moment-même de l'exposé.

Question 3 :

Si oui, quels sont-ils ? Si non, pouvez-vous dégager des objectifs clairs ?

Les objectifs de l'animateur ne sont pas davantage énoncés de façon claire, comme le laissent présager les réponses à la question précédente. Aucune réponse de stagiaire ne formule de façon claire les objectifs supposés ou énoncés de l'animateur.

Question 4 :

Les explications apportées vous ont-elles semblé correctes au niveau de la physique et abordables et adaptées pour des élèves ?

Les explications ont été jugées rigoureuses dans leur ensemble (N= 9/14).

Le problème de l'adaptation du niveau du discours au niveau des élèves a été souvent évoqué :

En particulier, les explications sont jugées parfois difficiles pour des élèves (N=8/14) d'autant que, la plupart des stagiaires interviennent au collège : il leur a semblé que les conférences étaient plus adaptées à un public de lycéens.

Aucun stagiaire ne saisit ici l'opportunité d'évoquer les simplifications ou les raccourcis de langage que l'orateur a perçus comme nécessaires pour son propos et son public (ex : « sur le plateau tournant, la réaction au poids est oblique »). A fortiori, il n'est pas question de hiérarchiser les implications possibles, en termes de compréhension, de tels modes d'expression.

Question 5 :

Y a-t-il un lien entre les différentes parties abordées par l'animateur ? Que pensez-vous de l'enchaînement de ces différentes parties ?

A une exception près, les enchaînements ont été perçus comme « très bons ». Un seul stagiaire pense que le lien entre les différentes parties n'était pas toujours évident. Aucun professeur ne fait référence à un aspect conceptuel des enchaînements, par conséquent, on

peut supposer que ce jugement portait avant tout sur l'aspect oratoire. C'est un point que nous avons tenté d'éclairer au cours des entretiens qui suivent.

Question 6 :

Avez-vous relevé une expérience reproductible en classe à retenir pour son intérêt didactique ?

Si oui, laquelle et pourquoi ?

Le problème du matériel disponible dans les collèges et les lycées revient très souvent. Très peu d'expériences ont été jugées reproductibles. Il n'est pas fait état de l'intérêt didactique particulier que pourrait avoir une expérience observée ici, par rapport à des expériences courantes en classe.

Question 7 :

Dans le cadre d'une sortie scolaire, avez-vous relevé une expérience non reproductible en classe qu'il serait souhaitable d'approfondir par un travail en classe ?

Si oui, laquelle et pourquoi ?

Les stagiaires ont reconnu avoir des difficultés à cibler à quelles progressions les expériences faisaient référence, du fait de leur méconnaissance de programmes qu'ils n'enseignent pas.

L'expérience de la balle sur le plateau tournant est plusieurs fois évoquée pour travailler sur la relativité du mouvement en classe de seconde ou de troisième. Les stagiaires ne précisent pas en quoi cette expérience est susceptible de favoriser un apport didactique particulier par rapport aux expériences plus simples faites en classe.

Il a été remarqué que les expériences du Palais « *cherchent à privilégier le côté spectaculaire* »... « *Le matériel est plus gros donc plus démonstratif* ». Il apparaît donc que c'est l'aspect spectaculaire – et on le devine, avec comme sous-entendu, l'aspect *a priori* motivant – qui est mis en avant ici, et non un possible apport didactique.

Question 8 :

Finalement, cette conférence vous semble-t-elle intéressante pour les élèves ? Pourquoi ?

Voici un panorama des commentaires formulés :

« *Cela rend la science plus amusante* »

« *Cela relance la motivation* »

« *Cela donne une image plus moderne et plus concrète de la science* »

« *Le matériel permet de voir des expériences irréalisables en classe* »

« *Ces conférences montrent l'intérêt des sciences pour elles-mêmes, et non plus dans le cadre d'une matière scolaire avec des notes* »

« *Les conférences sont présentées de manière agréable, avec humour* »

« *La science devient un spectacle où on apprend* »

« *Ca change du prof qui victime du contexte (et peut-être moins bon que le présentateur) est malheureusement bien moins intéressant* ».
 « *C'est très divertissant. C'est une très bonne illustration* »
 « *Présentation didactique et attrayante* »
 « *Les expériences interpellent les élèves et peuvent éveiller ou développer leur intérêt scientifique* »
 « *On aborde des phénomènes plus ou moins évidents d'une manière simple avec des mots simples, c'est tout l'attrait d'un bon cours de physique* ».

L'ensemble des commentaires paraît à la fois très positif et parfois très pessimiste.

Positif car les conférences ont été jugées très intéressantes (par de futur professeurs) avec un fort pouvoir motivant pour les élèves.

Pessimiste car il semble que les stagiaires jugent ne pas pouvoir être à la hauteur des conférenciers au niveau de la motivation et de l'intérêt qu'ils peuvent procurer aux élèves. Ils semblent ressentir une forme de concurrence et ne pas pouvoir lutter à armes égales.

Dans une étude de l'association entre VS et enseignement, on peut souhaiter éviter cette opposition par une approche unilatérale : c'est le professeur qui doit donner un sens et un rôle à la VS sans attendre que celle-ci réponde délibérément à des critères d'enseignement.

Question 9 :

Commentaires libres :

Les commentaires ont été peu nombreux. Ceux qui suivent nous semblent intéressants à relever :

« *Intéressant mais pas adapté pour le collègue* »
 « *Intéressant, le rôle de l'animateur est très important* »
 « *Les élèves sont noyés dans une trop grande masse d'informations* »
 « *Les objectifs ne sont pas toujours clairement définis* »
 « *Il faut un certain recul pour profiter pleinement des exposés* »
 « *Ces conférences feraient de très bons supports de cours* ».

On distingue d'une part l'intérêt porté aux conférences : ces conférences semblent pouvoir être intégrées aux cours, et les questions qui se posent alors semblent être « sont-elles adaptées à nos élèves et comment faire pour qu'elles le soient » ?

D'autre part, il semblerait que les stagiaires soient conscients que de telles conférences ne sauraient être utilisées sans accompagnement. Il y a, apparemment, un terrain favorable pour proposer aux professeurs des activités d'accompagnement ; c'est ce que nous proposons d'expérimenter dans le cadre des supports papier tels que les revues de VS, avec l'idée que cela puisse également éclairer la mise en place d'une méthodologie d'élaboration d'activités pour l'exploitation de conférences comme celles évoquées ici.

3.2.3. Entretiens à propos des conférences.

Analyse de 5 entretiens réalisés à l'issu de ces conférences.

La retranscription intégrale de ces entretiens est fournie en annexe (annexe II.c. p.300).

Modalités

Il s'agit d'entretiens semi-directifs. Au cours de l'entretien, on tente de laisser une très grande liberté d'expression. Les questions posées par le chercheur visent cependant à orienter le débat vers les questions qui nous concernent et censées apporter des éléments pour notre travail futur.

Avant que ne débute l'entretien, une dizaine de questions sont prévues pour servir de guide. L'ordre des questions n'a pas d'importance. Il s'agit d'une façon ou d'une autre d'amener l'interviewé à se prononcer sur ces questions.

Nous présentons ici ce guide.

1. Etes-vous spontanément intéressé par le fait d'amener vos élèves à ce genre de conférences ? Pourquoi ?
 2. Un stagiaire a évoqué l'idée de former les professeurs à exploiter de telles conférences avec leurs élèves. Qu'en pensez-vous ?
 3. Voyez-vous des différences notables entre la présentation d'un professeur en classe et la présentation d'un conférencier ?
- Pour relancer les échanges :
- Ont-ils les mêmes objectifs ?
 - Quels sont les avantages et les inconvénients de chacun ?
4. Selon vous, que peut apporter de plus une visite au palais avec les élèves par rapport à un cours classique ?
 - Plus particulièrement à propos du matériel, des expériences, de la didactique ?
 5. Certains ont évoqué la nécessité d'approfondir avec les élèves les notions abordées lors des conférences. Cela vous semble-t-il nécessaire, indispensable ou inutile ?
(à lier probablement avec la réponse à la question 3 sur les objectifs)
- Vous semble-t-il également nécessaire de préparer la visite ? Si oui comment ? Si non pourquoi ?
6. Est-il absolument nécessaire que le contenu des conférences se rattache au contenu du programme de l'année ? Pourquoi ?
 7. Certains stagiaires semblent penser que les élèves seraient perdus dans une grande masse d'informations après la conférence et qu'il fallait un certain recul pour pouvoir en profiter pleinement. Qu'en pensez-vous ?
(à relier avec la différence d'objectifs entre le professeur et le conférencier).
 8. Pensez-vous que le côté spectaculaire des expériences des conférences soit un avantage ou un inconvénient ?
- Pour relancer les échanges :
- Ce côté spectaculaire ou ludique est-il nécessaire à la motivation des élèves ?
9. Pensez-vous que les visites hors du cadre scolaire dans des musées de ce genre, les émissions de télé scientifiques, les magazines de vulgarisation... participent à une meilleure compréhension des phénomènes physiques auprès des élèves ?
- pour relancer les échanges :
- Est-ce un avantage ou un inconvénient pour le professeur en classe ?
10. Au cours de votre cursus, avez-vous souvent été invité à ce genre de visite (conférence ou musée) par vos professeurs et y a-t-il eu une exploitation ou une préparation en classe ? A votre avis pourquoi ?

Un certain nombre de ces questions reprennent le questionnaire écrit.
Il s'agit ici d'obtenir des précisions sur les informations obtenues par l'écrit.

Les 5 entretiens se sont déroulés à l'IUFM de Paris et ont duré une trentaine de minutes.

A propos de la motivation des professeurs

Les quelques éléments de réponses obtenus par l'intermédiaire des questionnaires papiers nous ont amené à pousser plus avant l'investigation concernant les motivations des professeurs à amener leurs élèves au Palais de la Découverte, ou à s'engager dans des démarches similaires.

Ces entretiens confirment que, du point de vue des professeurs, il s'agit avant tout pour les élèves d'une recherche de motivation supplémentaire liée au spectaculaire.

On constate, par ailleurs, comme nous l'avions déjà évoqué, que l'expérience personnelle de visite durant l'enfance peut marquer profondément, et engendrer l'envie de la transmettre.

« J'étais déjà intéressé puisque j'avais déjà été au Palais de la Découverte quand j'étais plus petit, je trouvais ça bien... j'y avais été au collège deux fois, ça m'avait déjà bien intéressé à l'époque, y'a des manip spectaculaires donc c'est déjà relativement bluffant pour les élèves surtout sur des phénomènes dont ils n'ont pas entendu parler avant ».

« Euh c'est plus le côté... ben là c'est plus le côté spectaculaire de pouvoir faire des expériences que, nous, on peut pas faire, par exemple ».

«... Puisque, bon, il y a un animateur, lui je sais pas si il répète la même chose pour tout le monde et alors que nous on essaye d'adapter pour coller à des objectifs qui sont vachement précis, quoi, et mais d'un autre côté, enfin, l'animateur il va apporter une connaissance, une vulgarisation, enfin quelque chose de peut être plus large que ce que nous on voudrait avec nos petits objectifs ».

« ... moi, je pense que l'intérêt déjà c'est qu'ils y aillent par plaisir, qu'ils prennent du plaisir, qu'ils prennent du plaisir déjà à... du plaisir pour la science mais surtout du plaisir pour la démarche scientifique, c'est-à-dire, qu'on peut arriver, euh, à expliquer les choses de façon euh, de façon simple et avec humour. Déjà qu'ils voient, qu'ils voient non pas la science comme une discipline froide et dure, mais quelque chose de plus amusant quoi, de plus ... »

On peut rapprocher ces déclarations du commentaire d'un stagiaire lors d'un questionnaire, déjà cité:

« Ca change du prof qui victime du contexte (et peut-être moins bon que le présentateur) est malheureusement bien moins intéressant ».

Il transparaît de ces commentaires comme un aveu d'impuissance des professeurs. Car, devant la débauche d'énergie que nécessite la mise en place d'une séquence articulée autour d'une sortie scolaire, il y a, apparemment, chez les professeurs l'idée d'aller solliciter chez d'autres ce que l'on ne peut soit même offrir à ces élèves : la motivation tant convoitée. Pour le spectaculaire, le fabuleux, ce qui fait rêver, on s'en remet à d'autres car le cours de sciences ne peut le véhiculer, contraint qu'il est par des moyens limités, des objectifs focalisés, des habitudes.

A propos des objectifs que se fixent les professeurs

Il revient systématiquement, chez les enseignants, cette volonté de rattacher le contenu de la conférence au contenu de leurs programmes d'enseignement. Il s'agit bien sûr d'une question de rentabilité mais aussi de compte à rendre vis-à-vis de l'institution. Du coup, les objectifs fixés par les enseignants seront d'ordre scolaire : révision, approfondissement ou illustration de ce qui a été vu en classe.

Par exemple, nous relevons les commentaires suivants :

« ...et puis, il y a changement d'état et là, ça rentre en plein dans ce qu'on a vu en début d'année ; température d'ébullition ; les différentes conditions, on les avait abordées en chimie et maintenant on les aborde en physique sur l'air, donc ça c'est en plein dedans et je pense que ça peut les intéresser aussi, là c'est plus un complément, on a déjà abordé certaines choses, mais là y'a un côté spectaculaire mais pas que ça, donc comme un complément de cours ».

« ...moi, ce qui m'intéressait sur l'électrostatique, c'est tous les rappels sur les ordres de grandeur qui étaient faits et qui moi j'ai pas du tout d'idée des ordres de grandeurs dans ce domaine là, je pense que les élèves encore moins ».

« ...Euh, je pense que j'aurais choisi l'électrostatique parce que la mécanique, je trouve que c'est trop dur, enfin moi ça m'a beaucoup intéressée, mais je pense que c'est pas du tout le niveau des élèves que j'ai ».

« Donc, euh, je pense pas que les élèves auraient eu.... même si on avait peut être bossé le cours avant, je sais pas si ils auraient compris grand-chose ».

« Euh oui, mais en fait quand j'en ai vu une je me suis dis, tiens... parce qu'en plus ça correspondait un peu au programme de mes élèves ».

Dans ces commentaires, on relève également que les enseignants se questionnent sur l'adaptation du discours vulgarisé au niveau des élèves. Dans une approche purement scolaire limitée aux items du programme, la question de l'adaptation semble pertinente mais paraît insoluble. A contrario, dans une approche conceptuelle et critique du document et en particulier en centrant l'activité sur les conséquences éventuelles qu'impliquent les facilités, la question de l'adaptation devient secondaire : c'est la cohérence interne de la présentation qui devient l'objet de l'attention, et ce, quels que soient les concepts présentés. Il semble que,

spontanément, les enseignants se concentrent sur une approche scolaire. C'est une première forme de ce que nous appelons la **réduction scolaire**.

Par ailleurs, il y a une prise de conscience chez certains professeurs, après réflexion, du fait que les objectifs du conférencier sont différents des leurs.

À ce propos, nous relevons les commentaires suivants:

« Alors, l'avantage du conférencier, euh, d'une part c'est très vivant, ça fait très camelot (rires), disons qu'il vend bien sa manip et qu'il la rend spectaculaire, maintenant l'objectif est pas forcément que les élèves aient compris ce qui se passe : on leur montre le phénomène mais on leur explique pas forcément, je dis pas jusqu'au bout, mais le plus à fond et ça, c'est parfois un problème, maintenant du coup la visite se passe très très bien, les élèves, ça les fait rire, rêver ».

« Moi, je trouve que l'objectif global pour tout le monde c'est que, c'est qu'il y ait un intérêt pour, euh, pour le sujet et pour, euh, mais enfin pour le professeur, c'est plus cadré quand même, c'est plus, euh, comment dire : c'est plus formel, il y a un certain nombre d'objectifs qui sont plus formels, qui sont liés aux programmes, aux évaluations à des choses comme ça ».

« Je dirais qu'ils ont... le professeur a l'objectif du conférencier, mais il y en a un en plus, contrairement au conférencier qui, lui, est avant tout d'épater par le spectacle »

« Ben, sur tous les points, j'aurai mis plusieurs séances d'1 heure pour faire tout ce qu'il (le conférencier) a fait ».

On retiendra également ce passage de l'un des entretiens :

« Si vous aviez à aborder une notion, vous feriez la même chose que lui ? Si vous pouviez, je pense au niveau du matériel ?

Je sais pas, je pense que ce que j'essaie de faire, vraiment d'essayer de partir de mes élèves qu'ils soient vraiment au centre de ce qu'ils font, c'est à dire que, je leur donne, c'est un peu compliqué, mais comme ils sont nombreux, ben, je m'arrange pour qu'ils manipulent, pour qu'ils aient des recherches à faire, les maintenir en activité, c'est vraiment, enfin c'est eux qui bossent quoi, j'essaie de faire en sorte, c'est pas moi, moi j'essaie de leur apprendre à bosser des problèmes techniques. Donc, en ça, je vois ma mission peu différente de celle ...

D'accord

Mais c'est vrai qu'au Palais de la Découverte, on pourrait dire, ouais, que c'est un cours classique, à part qu'il nous fait pas faire d'exos, il vérifie pas qu'on a compris.

Hum hum

Mais au fond, voilà ça avance, c'est une démonstration quoi !

C'est une démonstration ?

J'ai dit une, ouais, c'est plusieurs enfin, il y a plusieurs démonstrations mais c'est quand même, enfin, c'est quand même un peu une performance, un acte de théâtre, enfin c'est... »

Il se dégage ici deux aspects de la différence d'objectifs entre le conférencier et le professeur qui sont reliés. D'abord, une priorité accordée par le conférencier « camelot » au

spectacle, devant l'acquisition des concepts. Ensuite, comme le signale l'un des professeurs, et comme nous l'avions pressenti à l'issue des questionnaires, le fait que le conférencier aborde une multitude de concepts lors d'une même séance, alors que le professeur va tenter d'accompagner l'assimilation de chaque concept, séance après séance, à l'aide d'une ou plusieurs expériences.

Les deux aspects de cette différence s'expriment également dans les documents papier sur lesquels nous proposons de travailler. La volonté de travailler sur l'acquisition des concepts nous guidera dans notre stratégie et dans le choix d'un ou deux aspects du document à aborder, en lien avec le programme.

A propos des enchaînements du conférencier

Nous avons pointé à l'issue des questionnaires papier que les professeurs n'avaient pas, *a priori*, fait de distinction entre les enchaînements oratoires du conférencier et ces enchaînements logiques sur le plan des concepts et des objectifs. Lors des entretiens, nous avons donc cherché à éclairer ce point.

« Au sens oratoire, il avait bien séparé au départ centrifuge et Coriolis, c'est-à-dire là c'est la force centrifuge et après, il y a la force de Coriolis, le tout était dans le sujet global : est-ce que c'est des vraies forces ou pas ? Là, il a pas forcément répondu mais bon, poser la question, c'est déjà bien et voir les problèmes et dire des fois ça peut être considéré comme vrai, ça peut être considéré comme faux, ça dépend ; c'était bien, et il avait bien séparé Coriolis et centrifuge ; bon, à la fin, le problème, c'est qu'il est revenu aussi sur centrifuge, alors là, je pense que les élèves, ils auraient plus rien compris, et dans la partie centrifuge, il parlait bien que de ça, mais parfois, c'était obscur, des élèves auraient pas pu tout comprendre, je pense déjà que des stagiaires ont pas tout compris et moi, des fois, j'ai vraiment dû me dire je réfléchis dix secondes et je vois si ça va ou pas. »

« Sur la mécanique, oui, ça se suivait bien puisque l'objectif c'était de montrer que la force de Coriolis et que la force centrifuge n'existaient pas, donc pendant tout le long ça s'est bien suivi et c'est vrai que le fil conducteur, c'était ça »

On constate également que les autres stagiaires interrogés ont du mal à s'exprimer sur le sujet. Cette confusion, chez les professeurs, entre enchaînement oratoire et enchaînement logique semble donc présente. Après réflexion, l'un d'entre eux a tout de même signalé que les élèves auraient probablement été perdus. La qualité des enchaînements logiques nous semble être un élément important du repérage des difficultés potentielles des élèves. Concernant le travail qui va suivre, elle nous renvoie au lien entre les différentes zones d'un document papier. Or, s'il est difficile pour les professeurs de discuter de la qualité des enchaînements logiques du conférencier, il sera probablement difficile pour eux de repérer une difficulté potentielle liée aux relations établies par les auteurs entre les différentes zones du document papier, et il y a fort à parier que cela sera également difficile pour les élèves.

La cohérence et les simplifications

Les réponses aux questionnaires n'ont pas mis en évidence une analyse du contenu de l'exposé du conférencier par les professeurs. Nous avons poussé plus avant le questionnement afin de savoir si certains aspects avaient soit perturbé les professeurs, soit suscité chez eux une préoccupation pour la compréhension des élèves.

Dans ce passage, on relève quelques indications :

« Donc justement, là, en fait, ça veut dire qu'il aurait, qu'il aurait justement ce conférencier fait, euh, des simplifications quelque chose comme ça ?

Oui, mais faire des simplifications, c'est pas, c'est pas forcément un mal, quoi, je veux dire, on en fait tous, tout le temps.

Bien sûr !

Mais il y a certaines analogies qu'il faudrait plus cadrer, aussi essayer de relativiser Est-ce qu'il a la possibilité de le faire ? Est-ce qu'il y a la possibilité de le faire ?

Ouais, c'est peut être pas le lieu. Non, c'est peut être pas le lieu. C'est peut être un retour à faire.

C'est une question de choix, peut-être ?

Oui, tout a fait.

D'accord. Euh, et justement par rapport à toutes ces simplifications qu'il a pu faire, est-ce qu'elles se justifiaient ? C'est-à-dire, est-ce que c'est absolument nécessaire ?

Euh, je sais pas bien (rires). J'ai pas réfléchi. Je, je sais pas. C'est pas, disons c'était bien pratique quand même d'utiliser ces simplifications parce que il y a quelque chose là tout de suite qu'on a, un phénomène qu'on voit, auquel on est confronté, on a envie quand même d'expliquer un petit peu et à ce moment là, bien, c'est facile de prendre une simplification qu'on a sous la main.

Est-ce qu'il n'y a pas des risques à simplifier ?

Si, je pense (rires), je pense, mais bon.

On remarque que le repérage de l'importance des simplifications, du point de vue de la cohérence, ne se fait pas sans mal. Les professeurs semblent embarrassés avec cette question. Or, le questionnement pertinent, nous semble-t-il, porte sur les effets possibles des différentes facilités utilisées dans le document de VS. Ce repérage est donc un enjeu majeur dans la perspective d'un guidage des élèves à l'étude d'un DON.

« Est-ce qu'il vous a semblé que pendant, pendant l'exposé, le conférencier faisait des simplifications importantes ?

Euh, non, c'était pas trop vulgarisé, dans le sens où, je sais pas.

Oui. Donc ça veut dire qu'à chaque fois, il rentre dans le détail ?

Ah, il rentre dans le détail (rire,) pas spécialement. Il a pas parlé de ce qui se passe au niveau microscopique (rire).

Donc à un moment donné, il est toujours obligé de simplifier quand même ? On est toujours obligé de s'arrêter à un moment donné dans l'explication ?

Ça veut pas dire, euh, ben, pour moi, ça veut pas dire des trucs faux pour simplifier en tout cas. C'était quand même rigoureux. C'est pour ça que... »

Si par ailleurs certaines simplifications peuvent conduire à des invraisemblances, les professeurs n'en font pas état. Nous verrons que cela ne diffère pas tellement des documents papier. Or, notre point de vue est qu'il est nécessaire que les élèves accèdent à un niveau

d'analyse permettant de repérer le statut des facilités pour être en mesure de s'approprier un document de VS. La question, à ce stade, porte sur la faisabilité de l'accession des élèves à ce niveau d'analyse.

A propos d'une éventuelle préparation et/ou exploitation de la visite

Nous avons vu apparaître lors des réponses aux questionnaires et au cours d'une séance de restitution des résultats, un débat entre les professeurs partisans d'une préparation et/ou d'une exploitation de la conférence, d'une part et les tenants de la visite « libre » qui laisse l'élève *a priori* dans une approche plus proche de la découverte, d'autre part. Cet antagonisme apparent méritait donc d'être approfondi par un questionnement plus précis au travers de ces entretiens.

Nous relevons en particulier un passage de l'un des entretiens :

« ... est-ce qui il n'y a pas un moyen de guider les élèves...pour que, justement, ils se concentrent sur les concepts que vous avez déterminés avant ?

- Déterminé avant. Ben à ce moment là, ce serait de leur donner un questionnaire qu'ils rempliraient pendant la conférence, hein, dans mon idée, enfin, ce à quoi j'avais pensé, c'était plus un questionnaire ouvert, en fait, sans déterminer avant, euh, la conférence qu'est-ce qui allait être important. D'essayer de leur demander pour eux, qu'est-ce qui avait été important, euh, d'essayer peut-être de voir un point, d'essayer de trouver des questions par exemple sur des choses qu'ils auraient pas compris, ramasser ces questionnaires et puis se faire quelque chose en classe après, reprendre les points que, qui, eux, leurs ont semblé importants, dire quels points qui m'ont semblé importants à moi et puis revenir éventuellement sur les questions, notamment celles qui vont dans le sens de ma problématique.

- D'accord

- Mais c'est vrai que ça peut être intéressant aussi de faire un questionnaire plus précis. Ce qu'y a, c'est que si c'est un questionnaire trop cadré, j'ai peur que, leur seul intérêt ce serait de répondre à la question comme il faut, et puis perdre un peu aussi l'esprit de...

...

Est-ce que si on les cadre, ça va être un peu plus facile, ça va les remettre dans la structure scolaire etc. ? Est-ce que c'est gênant ? De votre point de vue ?

- Ben, pas nécessairement, je pense que si, enfin, ça peut leur permettre aussi de se poser vraiment des questions quand ils voient quelque chose même en visite libre, on peut aussi leur demander de choisir une démonstration, quelque chose, n'importe quoi et de, enfin et d'essayer d'en tirer des choses ou... pour le présenter aux autres comme je sais pas, quoi, enfin je sais qu'il y a des moyens de cadrer, mais de faire, de faire, ben essayer de les pousser à se poser des questions et pas voir ça passivement, quoi, de les rendre un peu actifs par rapport à la découverte de ces choses là. C'est peut-être un moyen intermédiaire pour qu'ils aient quand même une certaine autonomie, une certaine liberté, une certaine, je sais pas, enfin un peu de plaisir, quoi (rires), j'espère que ça y est de toute façon et en même temps, d'avoir quelque chose un peu plus cadré, je sais pas. »

L'expression « je ne sais pas » est particulièrement récurrente. On note une volonté de guider les élèves d'une façon ou d'une autre, mais on doute sur la façon de s'y prendre. Ce passage d'un autre entretien conforte cette idée :

« ... Euh, ben, je pense qu'ils peuvent, qu'ils peuvent faire un questionnaire par exemple, et puis au fur et à mesure qu'ils donnent des réponses par rapport au questionnaire... »

Donc ils rempliraient ce questionnaire pendant la séance ?

Ah ! ?

Dilemme ?

Ou alors un QCM, juste une croix à mettre. Mais être rapide, quoi, faut pas qu'ils soient là longtemps sur leur feuille et puis, qu'ils regardent pas le conférencier, un QCM avec cinq six questions, euh, avec plusieurs solutions et hop !

Donc l'objectif, là, c'est de les recentrer sur les questions qui sont en lien avec le programme ?

Ouais, ouais.

...certains disaient que ça pouvait être incompatible avec l'effet motivant, la curiosité l'intérêt, le fait d'imaginer une préparation avec les élèves ...

Ouais, ça peut aussi être un obstacle.

Mais, si on fait une sortie libre du même type qu'ils peuvent faire avec leurs parents, euh, quel, quel est l'objectif pour le prof justement ?

Et ben, là, si c'est une sortie libre, je dirais que, l'objectif, c'est que l'élève se fasse réellement plaisir et qu'il aille voir ce qui l'intéresse lui.

Ça dépend de l'objectif qu'on se fixe ?

Ça dépend de l'objectif, ça dépend si, ça dépend en fait du niveau, je pense qu'en seconde, oui, en effet, ça serait peut être mieux de faire une sortie libre, qu'ils aillent voir ce qui leur plaît.

Est-ce que tous les élèves sont spontanément intéressés sans qu'on les guide ?

Non, non, ben non. Euh c'est pour ça que je pense quand même c'est mieux de les guider et puis d'imposer un programme parce que...Bon, le questionnaire, je sais pas.

Bon, la majorité des stagiaires disait que ils pensaient qu'il était intéressant même nécessaire de faire une exploitation après la visite, enfin de réinvestir ça en classe...

Et ben, oui, il faut en parler quand même.

Il faut en parler, alors sous quelle forme ?

Et ben sous quelle forme ? Est-ce que je dois faire un questionnaire ou est-ce qu'on en parle comme ça librement, je pense qu'il faut en parler librement.

Librement ?

Oui. Leur demander : qu'est-ce qui vous a plu ? Qu'est-ce qui vous a marqué ? Qu'est-ce que vous avez appris, euh ? Qu'est-ce que vous pensiez, euh, vrai et que finalement l'expérience vous a montré que, ben, non, c'était pas vraiment comme ça qu'il fallait le voir, c'était...

Et donc, ça veut dire que là, le libre questionnement, il va porter sur tout ce qui a été vu lors de la conférence ?

Ouais. Oui, on peut faire, on peut au fur et à mesure du questionnement se dire, ben, bon, tiens, sur l'électrostatique, qu'est-ce qui vous a plu ? Après, on passe sur le magnétisme, après, on passe à la mécanique. Euh, on peut structurer ça... »

De toute évidence, la préparation avant la visite est source de problème car la peur des professeurs est qu'elle s'oppose à l'effet motivant recherché. Il apparaît cependant qu'elle se

destine à limiter des objectifs. L'idée d'une exploitation après la visite fait nettement plus consensus. Par contre, les objectifs visés sont loin d'être évidents, on opte le plus souvent pour une forme de débat ouvert qui conduira à on ne sait trop quoi. Un autre entretien nous en convainc :

« On peut leur poser, leur faire un petit questionnaire avant et leur dire vous ferez bien attention à cette partie là et vous aurez à répondre à telle question, telle question.

Ça vous semble pertinent ?

Oui, mais je pense dans tous les cas la reprise est indispensable.

Alors, sous quelle forme on fait la reprise ?

Sous quelle forme on fait la reprise ? Après, c'est vraiment, euh, il faut que je me rappelle... ben, souvent, on a refait un peu l'expérience et réexpliqué... donc refaire un cours quoi, qui va avec, qui explique les différentes... parce que il y a quand même pas mal de parties qui sont vraiment dans le programme qui peuvent être reprises... il y a la variation la température d'ébullition en fonction de la pression...

D'accord. Comment vous allez faire le lien avec la conférence ? Vous allez simplement dire « ah bah, tiens, ça on l'a vu dans la conférence » ?

Bon, ben, donc, il faut faire un questionnaire avant, et après on regarde... on met en commun le questionnaire et à partir de là, donc le questionnaire, ça sera vraiment, donc, sur les points que je vais reprendre en cours.

Et si, et si les élèves posent des questions sur les points autres que ceux que vous n'avez pas ciblés, qu'est-ce qu'on fait ?

Alors, ça dépend... si c'est vraiment trop compliqué (rires). Bon j'explique, j'essaie d'expliquer.

Donc ça veut dire qu'il faut quand même ne pas ignorer ces questions là ?

Ah, mais, non, non (rire). »

Suite à ce constat, il nous faut prendre position sur l'apparent choix à faire entre la recherche de la motivation et l'acquisition des concepts. Notre opinion est qu'il n'est pas antagoniste de rechercher les deux à la fois, considérant que l'acquisition d'un concept peut également être un facteur de motivation. C'est justement dans la forme que va prendre l'exploitation du document papier que nous proposons de tester cette hypothèse. En revanche, la question de la préparation ne se pose pas de la même manière pour les documents papier et pour une conférence. Pourtant, dans une approche globale des DONS, on peut penser qu'un certain nombre de prérequis sont toujours nécessaires pour aborder de nouveaux concepts. Plutôt que de fonder trop d'espoirs sur la seule préparation, un choix pertinent des DONS à étudier nous semble être un élément tout à fait prioritaire, bien entendu non exclusif d'un travail préalable de balisage de l'intervention didactique.

4. CONCLUSION

La première étape de ce travail avait pour objectif d'éclairer les liens qu'entretiennent les professeurs et les élèves avec la VS.

Il ressort de notre recueil d'indices que la VS n'est pas étrangère aux acteurs du système scolaire et qu'ils y accordent un intérêt non négligeable. C'est un élément qui nous permet d'envisager un travail plus approfondi sur l'utilisation de la VS, avec en ligne de mire un double objectif : d'une part, apport d'ordre conceptuel et d'autre part, contribution au développement de l'esprit critique.

Au-delà de l'intérêt personnel suscité par la VS chez les professeurs, ces derniers marquent une volonté d'en tirer profit avec les élèves, en s'appuyant sur une motivation supplémentaire supposée engendrée par la VS. Cette volonté s'exprime particulièrement dans le cadre des expositions muséales et il y a pour nous un enjeu à montrer que cela peut être généralisé au cas des documents papier dans la classe.

Car, à l'exception des sorties muséales, les pratiques qui mettent en relation la VS et le travail en classe semblent relativement réduites, hypothèse que seule une enquête plus ambitieuse pourrait confirmer, et, en tous cas, encore peu explorées. C'est, en partie, l'objectif de cette recherche que d'avancer et d'évaluer des propositions tant au niveau de la conception que de la mise en oeuvre de telles activités.

Pour avancer ces propositions, nous nous appuyons, entre autres, sur les informations issues de cette exploration préliminaire.

Nous retenons tout d'abord l'idée que l'aspect conceptuel n'est pas négligé par les professeurs, qu'ils soient ou non scientifiques, lors de la consultation d'un document de VS.

Ensuite, nous faisons le constat que les professeurs semblent démunis pour élaborer une démarche dans la perspective d'un travail en classe à partir de la VS, comme en témoignent les doutes affichés sur la conduite à tenir pour l'exploitation de la sortie muséale avec les élèves.

La construction d'une séquence d'enseignement passe évidemment par une réflexion plus précise sur les objectifs visés. Notre enquête montre, à ce stade, deux tendances fortes parmi les professeurs consultés, tendances pouvant d'ailleurs coexister.

D'une part, la grande majorité des professeurs interrogés se fixent des objectifs très liés aux items du programme, nous amenant ainsi à avancer l'idée d'une **réduction scolaire**. Cette limitation spontanée ou conditionnée par le contexte scolaire laisse en particulier de côté l'étude des facilités employées par la VS pour aborder les concepts, facilités qui peuvent engendrer des risques au niveau de la compréhension. C'est un aspect que nous proposons d'étudier.

D'autre part, dans le choix de la démarche à suivre, il semble que dans l'esprit des professeurs, il y ait un conflit d'intérêt entre la recherche d'une motivation supplémentaire pour les élèves et la recherche d'une acquisition conceptuelle. Il se dégage parfois, chez l'enseignant, une tendance pour l'enseignant à ne pas vouloir faire un travail conceptuel approfondi en utilisant un support de VS pour ne pas perdre l'effet motivant tant convoité. C'est une forme de ce que nous avons appelé la **réduction anti-scolaire**. Nous tenterons de montrer que ce conflit apparent peut être résolu en nous appuyant sur l'idée que la satisfaction

intellectuelle qu'engendre l'assimilation d'un nouveau concept constitue également une forme de motivation.

On remarquera enfin que l'idée avancée en introduction concernant la concurrence apparente entre la VS et l'enseignement est relayée en partie par les commentaires de certains stagiaires qui pensent qu'ils ne seront jamais aussi « intéressants » pour les élèves que le conférencier. Ce point de vue renforce notre projet d'explorer les conditions d'un partenariat entre la VS et l'école qui soit équilibré, c'est-à-dire qui développe les valeurs traditionnellement attachées à ces *deux* cadres de transmission du savoir.

2^{ème} PARTIE

Premières informations obtenues à la lecture des DONS par les élèves et par les professeurs

1.	DOCUMENTS D'ORIGINE NON SCOLAIRE (DONS)	75
2.	PRESENTATION DES DOCUMENTS.....	81
2.1.	<i>Rappel de nos critères de choix</i>	81
2.2.	<i>Le document « Extra-terrestres » ou document « ET »</i>	82
2.3.	<i>Le document sur « le décalage vers le rouge des galaxies » ou document « Galaxies »</i>	87
2.4.	<i>Le document « Matière »</i>	91
3.	PREMIERES REACTIONS DES ELEVES ET DES ENSEIGNANTS AUX DOCUMENTS « ET » ET « GALAXIES » ..	96
3.1.	<i>Méthodologie d'investigation</i>	96
3.2.	<i>Résumé des premiers résultats concernant les élèves et les professeurs à propos des documents « ET » et « Galaxies »</i>	97
3.2.1.	Introduction	97
3.2.2.	De la difficulté d'identifier le message principal et premières indications d'une réduction scolaire	97
3.2.3.	Existence d'un regard critique spontané	99
3.2.4.	De l'effet accrocheur à la motivation.....	101
3.3.	<i>Les résultats de l'enquête en détail</i>	103
3.3.1.	De la difficulté d'identifier le message principal et premières indications d'une réduction scolaire	103
3.3.1.1.	Perception du document « ET » par les élèves de seconde.....	103
3.3.1.2.	Perception du document « Galaxies » par les élèves de seconde.....	106
3.3.1.3.	Compréhension du document « ET » des étudiants de première année du supérieur.....	117
3.3.1.4.	Approche du document « ET » par de futurs professeurs.....	120
3.3.1.5.	Approche du document Galaxies par des professeurs stagiaires	122
3.3.1.6.	Conclusion sur ces deux documents à propos du message principal	123
3.3.2.	Existence d'un regard critique spontané	125
3.3.2.1.	Regard critique des élèves sur le document « ET ».....	125
3.3.2.2.	Regard critique des élèves sur le document « Galaxies ».....	129
3.3.2.3.	Regard critique des professeurs sur le document « ET »	132
3.3.2.4.	Regard critique des professeurs sur le document « Galaxies »	134
3.3.2.5.	Conclusion sur l'analyse critique	137

3.3.3.	De l'effet accrocheur à la motivation.....	137
3.3.3.1.	Les élèves et la motivation	137
3.3.3.2.	Point de vue des professeurs sur la motivation des élèves pour débattre sur le document 139	
3.3.3.3.	Conclusion à propos de la motivation pour un débat utile.....	141
4.	CONCLUSION SUR LES PREMIERES REACTIONS DES ELEVES ET DES PROFESSEURS.....	142

1. DOCUMENTS D'ORIGINE NON SCOLAIRE (DONS)

Nous commençons par rappeler la définition des DONS que nous avons précisée dans l'introduction de ce travail : il s'agit de documents non conçus initialement pour être étudiés dans le cadre d'une éducation formelle mais qui se destinent à une éducation non-formelle. Les documents de vulgarisation scientifique (VS) à destination des enfants et adolescents rentrent par conséquent dans la catégorie des DONS. Leur support peut revêtir différentes formes : documents papier bien sûr mais aussi page d'un site web ou encore tout « objet » dans la cadre d'une exposition scientifique. Le terme de « document » est donc à considérer de façon très large.

Notre choix, compte tenu des critères d'acceptabilité déjà évoqués, s'est porté sur l'utilisation de documents papier.

Dès lors que « *la notion d'éducation non formelle ne peut être définie précisément, ou mieux construite, que par contraste avec le déroulement des apprentissages visant à favoriser l'appropriation des savoirs formels, c'est-à-dire des savoirs scolaires.* » (Jacobi, 2001), la définition des DONS est construite en opposition avec les documents d'origine scolaire. Ces documents, dont l'archétype est constitué par le manuel scolaire, reposent sur un discours qu'il est convenu de qualifier de didactique.

Nous ne prétendons pas, dans ces quelques lignes, réaliser un panorama exhaustif des manuels scolaires ; nous souhaitons esquisser une typologie de leur contenu relativement à l'étude que nous proposons, afin d'établir des éléments de comparaison avec les DONS précédemment définis. Dans cette visée, un examen rapide des manuels de physique-chimie permet d'y distinguer 4 types de documents¹⁴:

- un cours magistral ou sa synthèse,
- des exercices,
- des documents servant d'appui aux activités expérimentales,
- des documents supports d'activités documentaires.

En particulier, cette typologie semble s'appliquer de manière cohérente pour les manuels les plus usités de la classe de seconde générale, laquelle nous concerne directement dans cette recherche.

Les trois premiers types de documents évoqués dans cette liste relèvent du discours didactique.

Nous esquissons, dans le tableau 2b, les caractéristiques extrêmes des documents d'origine scolaire et des DONS.

¹⁴ Cette liste n'est ni exhaustive, ni très détaillée ; elle est cependant suffisante pour illustrer le propos, à savoir une approche comparative des DONS et des manuels scolaires.

Documents d'origine scolaire (non compris les supports d'activités documentaires)	DONS
Discours séquentiel	Simultanéité du discours
Le discours s'organise autour d'une présence forte de textes et formules	Intervention de l'image plus prononcée, peu de formules, textes limités et vocabulaire adapté
Idée(s) conceptuelle(s)	Idée(s) thématique(s)

Tableau 2. : Esquisse d'une possible caractérisation des DONS et des DOS (documents d'origine scolaire).

Bien évidemment, la frontière est floue et ne permet pas une catégorisation formelle de tous les documents. On remarque, par exemple, que parmi les activités classées dans la rubrique « exercices », on retrouve en réalité d'autres documents supports d'activités documentaires avec leur questionnement. On pourra aussi noter l'évolution dans la présentation de la partie « cours » qui par l'adjonction de schémas et d'illustrations en tout genre, se rapproche singulièrement de la présentation privilégiée par la VS et questionne sur son mode d'appropriation par les élèves. C'est plus particulièrement la quatrième catégorie des documents d'origine scolaire du type « activité documentaire » qui ne se positionne pas si facilement et qui prête à discussion. En effet, ces documents qui comportent soit une situation-problème, soit un questionnement censé rattacher les concepts abordés à ceux traités dans le programme, utilisent, dans une large mesure, les attributs de la VS moderne à destination du public adolescent :

- 1) une forte, voire spectaculaire, mise en scène,
- 2) une thématique « à la mode » et se rattachant au quotidien,
- 3) une utilisation importante des images associées aux textes conduisant à rompre le caractère séquentiel du discours.

Les concepteurs de manuels semblent ainsi s'attacher à des pratiques déjà soulignées par Roqueplo (1974) : « ... le discours du vulgarisateur remplira son office de médiation en se référant ostensiblement à deux pratiques : l'une qu'il montrera en spectacle, celle des scientifiques ; l'autre qu'il invoquera pour être effectivement reçu et accepté pour réel, celle de la vie quotidienne ».

La différence entre DONS et documents d'origine scolaire supports d'activités documentaires (DOS-AD pour la suite) ne se mesure donc pas sur la forme et se situe essentiellement au niveau des intentions didactiques qui s'y rapportent. Ces intentions apparaissent fréquemment au travers de la série de questions qui accompagne le document. Notons qu'un DONS peut éventuellement être converti en DOS-AD dans un manuel scolaire. Il n'est pas rare, en effet, de trouver des documents tirés de la VS (donc des DONS) dans les manuels, auxquels on adjoint une série de questions, transformant de fait le DONS en DOS-AD. Cela étant, ces emprunts sont manifestement moins nombreux (peut être pour des raisons de royalties) que les documents originaux, c'est-à-dire conçus dès l'origine pour ces manuels. D'ailleurs, le contexte de publication semble avoir nettement évolué dans ce sens entre le début et le terme

de notre recherche, au point que les derniers manuels en notre possession ne présentent que rarement une activité documentaire à partir d'un document issu de la VS.

A titre d'illustration de notre propos, nous exhibons ici trois exemples de DOS-AD tirés de manuels scolaires de la classe de seconde générale. Ces exemples se rapportent tous au thème de la lumière. Le premier (doc. 1) s'appuie sur un document tiré d'un magazine de VS (un DONS) auquel les auteurs ont associé des images. Le second (doc. 2) s'appuie sur une création originale. Le troisième (doc. 3) constitue une situation mixte où les auteurs ont fait appel à un document de VS et à un ersatz du document d'accompagnement de la classe de seconde, le tout, là encore, agrémenté d'images. On pourra également comparer ces documents aux DONS que nous avons choisis pour notre recherche et qui sont présentés dans la partie suivante, notamment le document 3 puisqu'il est en partie constitué du document « ET » (voir 2.2 p. 82) que nous avons choisi d'utiliser dans notre recherche et que nous présentons dans sa version originale.

Pour ces trois documents, on peut convenir d'une volonté de la part des auteurs de rendre le document accrocheur. Le titre du document 2 « un arc-en-ciel pourrait-il être carré ? », par exemple, a clairement pour objectif de susciter la curiosité. L'emploi de la couleur, la qualité des schémas en version « Bande dessinée » opèrent clairement un rapprochement avec ce que l'on peut retrouver dans la VS.

On peut également noter la présence de la série de questions dans ces activités documentaires. Celle-ci s'attache clairement à relier le contenu du document aux concepts abordés dans la partie du programme concernée.

Il est clair que le travail que nous envisageons sur le repérage des éléments facilitateurs et obstacles potentiels peut être entrepris avec ces documents. Le lecteur pourra constater que la série de questions proposées dans le document 3, est très différente du questionnaire que nous avons mis en place et qui vise l'analyse critique du document « ET » (voir partie 3).

Mesurer la distance Terre-Lune au cm près

Depuis que des réflecteurs ont été déposés sur la Lune, la mesure de la distance Terre-Lune s'effectue par la technique de l'écho laser.

Cette mesure, confiée à la station de télémétrie de l'Observatoire de la Côte d'Azur, située sur le plateau de Calern près de Grasse, consiste à déterminer le temps mis par la lumière pour effectuer un aller-retour entre la Terre et la Lune. Elle utilise pour cela un laser et un télescope. L'impulsion laser est datée au départ. Une partie de cette impulsion captée par le télescope est datée au retour. La différence des deux dates donne le temps mis par la lumière pour faire l'aller-retour. Connaissant la vitesse de propagation de la lumière, on peut en déduire la distance.

Si le principe de la mesure est simple, la réalisation pratique est beaucoup plus délicate. Parmi les nombreux problèmes rencontrés, citons en particulier :

- le changement de la vitesse de la lumière selon l'altitude et les diverses couches d'air traversées ;
 - le pointage du télescope sur le réflecteur qui doit rester très précis pendant toute la durée de la mesure malgré les mouvements de la Terre (rotation) et de la Lune (rotation et révolution) ;
 - la détection de la lumière laser réfléchie : la tache de lumière sur la Lune a un diamètre de l'ordre de 10 km, parfois un peu moins quand les conditions météorologiques sont exceptionnelles. Les réflecteurs, appelés « coins de cube », ne mesurent que quelques dizaines de centimètres de côté. Bien qu'ils soient conçus pour renvoyer la lumière dans la direction d'où elle vient, la quantité de lumière qui pénètre dans le télescope après réflexion sur la Lune est infime, parfois même inexistante. Un seul tir ne suffit donc pas. Chaque mesure comporte en réalité 6 000 tirs d'une durée de 300 ps chacun, effectués à la fréquence de 10 tirs par seconde. Avec ce dispositif, la meilleure série de mesures (13 février 1998) n'a donné que 613 retours !
- La méthode de l'écho laser est également utilisée sur certains satellites équipés de réflecteurs. La principale application est l'étude de la Terre (dérive de continents, cartographie des fonds marins, mesure du champ de gravitation).

D'après le site Internet de l'OCA (Dominique Féraud).

4 La technique de l'écho laser.

Exploitation

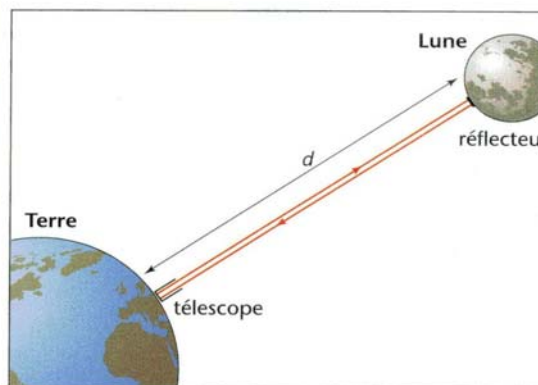
1. En notant Δt la durée du trajet aller-retour, d la distance recherchée et c la vitesse de propagation de la lumière, traduire par une relation le principe de la mesure expliqué au début du texte.

6 Le faisceau laser effectue un aller-retour entre la Terre et la Lune. ►



5 La station de télémétrie, avec la coupole de l'observatoire abritant le télescope.

2. Pourquoi effectuer un très grand nombre de mesures et ne pas se contenter d'une seule ? Ces mesures sont-elles indépendantes ?
3. Compte tenu de la fréquence d'émission du laser, quelle est la durée d'une série de mesures (6 000 tirs) ?
4. Quelle est la longueur de chaque impulsion laser (longueur parcourue par la lumière pendant la durée d'émission) ?
5. Pourquoi utilise-t-on des coins de cube et pas des miroirs plans ?
6. L'OCA garantit une mesure au cm près. Quel est le facteur, indépendant du matériel utilisé, qui limite la précision de la mesure ?



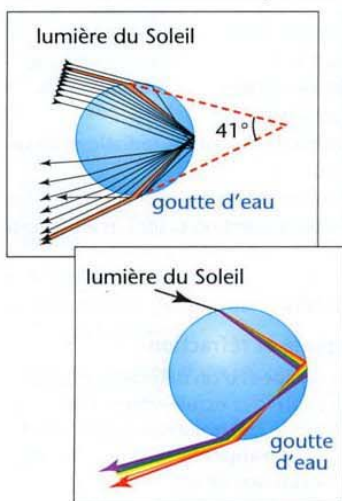
Un arc-en-ciel pourrait-il être carré ?

Cest par exemple dans la pluie qui tombe au loin ou dans un jet d'eau que l'arc-en-ciel nous apparaît. Plus au moins lumineux, plus au moins grand, parfois double, mais toujours de forme arrondie, il n'est visible que si le Soleil est dans notre dos.

■ La lumière dans une goutte d'eau

Le Soleil envoie un faisceau de rayons parallèles qui frappent la goutte d'eau sous diverses incidences.

On constate que ces rayons qui au départ ont des angles d'incidence quelconques, viennent « s'accumuler » en rayons émergents autour d'un même angle de déviation d'environ 41° , le minimum de déviation : cette direction privilégiée renvoie une intensité lumineuse supérieure aux autres directions.



Mais, l'indice de réfraction de l'eau n'est pas le même pour toutes les longueurs d'onde. Conformément à la deuxième loi de Descartes, le minimum de déviation est d'environ 42° pour le rouge et 40° pour le violet. D'où la vision des couleurs.

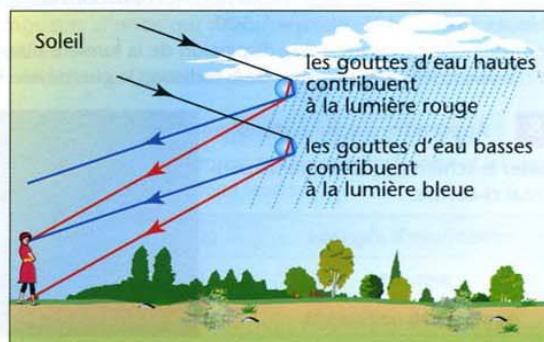
1 À l'intérieur d'une goutte d'eau.

■ Et avec l'ensemble des gouttes d'eau ?

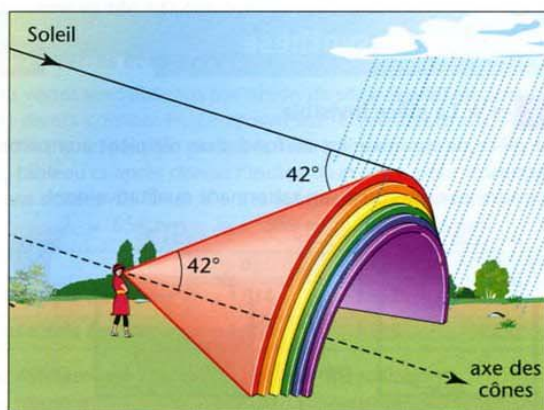
Les rayons parvenant à l'observateur sous des angles différents, il verra la couleur rouge envoyée par les gouttes « hautes » et la couleur violette envoyée par les gouttes « basses » : la couleur rouge se trouve donc à l'extérieur de l'arc-en-ciel et le violet à l'intérieur (**figure 2**).

Plaçons-nous maintenant dans l'espace. L'observateur perçoit un maximum de lumière rouge pour les rayons faisant un angle de 42° avec la direction du Soleil (**figure 3**).

Ces rayons sont issus des gouttes situées sur un cône et il en est de même pour les autres couleurs mais sur des cônes de plus en plus petits. L'observateur voit ainsi un ensemble de cercles, ou plutôt d'arcs de cercle, car une partie de ces cercles est souvent cachée par la Terre.



2 Placement des couleurs.



3 Les cônes formant l'arc-en-ciel.

Questions

1. Dans quelles conditions peut-on observer un arc-en-ciel ?
2. Quelle grandeur caractéristique de l'eau varie avec la couleur de la lumière ?
3. Pourquoi observe-t-on des arcs de cercles ?
4. D'où est-il possible d'observer des cercles complets et non des arcs de cercle ?

Pour aller plus loin :

http://www.inrp.fr/lamap/scientifique/optique/savoir/arc_en_ciel.htm

<http://www.ens-lyon.fr/Planet-Terre/Infosciences/Climats/Rayonnement/Arc-en-ciel/arc.htm>

Activités

ACTIVITÉ 1

De la vitesse de la lumière à la mesure de distances

Les propriétés de la lumière (vitesse non infinie, propagation rectiligne dans un milieu transparent et homogène) en font un outil essentiel de mesure de distances.

→ A Une image en différé

► Cours p. 178

• Regarder loin, c'est regarder tôt

Nous savons aujourd'hui que la lumière se propage à la vitesse de $300\,000\text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$: par rapport aux dimensions dont nous parlons, cette vitesse est plutôt faible ! Les informations qu'elle nous apporte ne sont plus fraîches du tout ! En regardant loin, on regarde donc « tôt ». La galaxie d'Andromède nous apparaît telle qu'elle était il y a deux millions d'années, au moment où les premiers hommes apparaissaient sur Terre... À l'inverse, d'hypothétiques habitants d'Andromède, munis de puissants télescopes, pourraient voir, en ce moment, l'éveil de l'humanité sur notre planète.

Les objets les plus lointains visibles au télescope (Fig. 1) sont les quasars. On les appelle ainsi car leur image au télescope ressemble à des étoiles proches (quasi-stellaire). Certains quasars sont situés à douze milliards d'années de lumière, la lumière qui nous en arrive nous informe donc sur la jeunesse de l'univers.

Tout autour, notre regard plonge vers le passé.

(Hubert Reeves, « Patience dans l'azur », Seuil.)



Fig. 1 – Le télescope spatial Hubble.

• Aujourd'hui

Cette scène se déroule quelque part dans l'univers :



(D'après le dossier d'accompagnement des programmes.)



Fig. 2 – Cette image, prise par Hubble, montre comment était l'Univers il y a 14 milliards d'années.

Lire le texte, observer l'illustration ci-dessus et répondre aux questions.

1. a) Comment expliquer, dans le cas général, que la lumière émise par un objet peut être vue par un observateur (parler de la propagation de la lumière) ?
b) Quelle conclusion peut-on tirer du fait que la scène observée soit une scène du passé (Fig. 2) ?
c) Préciser l'époque à laquelle s'est déroulée la scène (Information 1) ?
2. a) À quelle vitesse se propage la lumière dans le vide ?
b) Quelle stratégie conduire pour répondre à la question de l'extraterrestre ?
c) Exprimer la distance cherchée en km.
d) L'unité utilisée est-elle adaptée à la mesure ?
3. Les physiciens ont défini une nouvelle unité de distance : l'année de lumière. Exprimer la distance cherchée avec cette unité (Information 2).

Informations

1. La France a gagné la coupe du monde de football en juillet 1998.
2. Une année de lumière est la distance parcourue par la lumière en 1 an.

Compte tenu des faibles différences observées entre DONS et DOS-AD, nous prenons le parti d'amalgamer pour notre travail, la catégorie des DOS-AD une fois dépourvue de leur cortège de question, à celle des DONS.

En particulier, lors de la présentation des documents, le lecteur pourra constater que le document « ET » est en réalité un DOS-AD que nous considérerons comme un DONS.

Ce bref panorama ne saurait se substituer à une étude en profondeur des activités documentaires proposées dans les manuels scolaires. Il serait d'ailleurs fort intéressant de connaître la fréquence d'utilisation de ces activités par les professeurs et comment ceux-ci les mettent éventuellement en œuvre dans leur séance. Ce n'est pas ici l'objet de notre recherche.

Caractéristiques scriptovisuelles des DONS choisis

Il est utile de rappeler ici que le dispositif mis en place pour étudier la réaction des élèves face aux documents ne permet pas d'observer leur parcours individuel. La méthodologie mise en œuvre doit permettre d'étudier les réactions du groupe classe (ou demi groupe). Un dispositif beaucoup plus lourd aurait été nécessaire pour analyser finement le parcours de lecture du DONS par un élève donné et son approche des concepts abordés. Dans le cadre de ce travail, nous avons porté notre attention sur la conduite du groupe classe et sur sa réaction face au travail d'analyse critique.

Ainsi, notre expérimentation ne nécessite pas une étude détaillée de l'architecture scriptovisuelle des documents proposés. Le niveau d'analyse scriptovisuelle simplifiée que nous proposons dans les lignes qui suivent a uniquement pour vocation d'aider le lecteur à suivre notre exposé, dans la mesure où nous faisons référence ici ou là aux différentes zones du document.

2. PRESENTATION DES DOCUMENTS

2.1. Rappel de nos critères de choix

Les DONS choisis ont fait l'objet d'un tri selon les critères que nous avons évoqués dans l'introduction, à savoir :

- Tous devaient présenter au moins une image dite explicative accompagnée éventuellement de texte, ou inversement un texte accompagné d'une (ou plusieurs) image(s) explicative(s), dont l'objectif était de faire comprendre un (ou plusieurs) concept(s).
- Parmi les différents concepts abordés dans ces documents, l'un d'entre eux, au moins devait avoir un rapport avec le programme de l'année en cours (pour ce qui nous concerne, le programme de physique de la classe de seconde générale).

- Afin de nous intéresser à l'influence des zones dans ces documents, nous avons retenu l'un d'entre eux (le document « ET ») pour sa structure moins complexe que les deux autres : les différentes zones y sont moins nombreuses et les liens entre elles plus évidents ; cette différence permettra éventuellement de mesurer l'impact de la difficulté de relier ces zones entre elles.
- Dans chacun de ces documents, nous avons repéré des éléments supposés faciliter la lecture (EFOP) mais qui peuvent impliquer des problèmes de cohérence soit par rapport à l'objectif du document lui-même, soit par rapport à l'enseignement de la physique au sens large. Ces facilités engendrent parfois des invraisemblances et celles-ci seront explicitées dans la présentation de chaque document. Nous devons cependant convenir d'une limitation dans la recherche des invraisemblances ; dans la mesure où les activités sont envisagées pour des élèves de 2nde générale, nous avons limité le repérage des EFOP à ce qui nous semblait *a priori* repérables par des élèves de ce niveau. Il n'est pas exclu que dans les questionnaires destinés aux enseignants, ceux-ci pointent des EFOP non repérables par les élèves concernés.
- De plus, chaque document présente (et c'est inhérent à cette forme de VS) un caractère accrocheur, supposé motivant pour le public.

2.2. *Le document « Extra-terrestres » ou document « ET »*

Ce document est issu du document d'accompagnement du programme de la classe de seconde générale encore en vigueur. Comme expliqué précédemment, on peut trouver dans les manuels scolaires des présentations qui s'apparentent à la VS dans leur conception, et ce document, bien que conçu par des enseignants, pour des enseignants, est de ce type. Cependant, la question posée dans le document d'origine présente l'activité associée comme une situation-problème, ce qui n'est généralement pas le cas des documents de VS. On peut voir que l'idée des concepteurs était de proposer une image qui serait le point de départ d'une discussion avec les élèves avant ou après enseignement. Bien que les intentions des auteurs soient différentes de celles des concepteurs de documents de VS, il nous a semblé que la structure simple et typiquement apparentée à la VS du document « ET » était de nature à éclairer profitablement la mise en place d'un travail d'analyse critique avec les élèves.

Nous avons étudié le document tel quel dans la phase exploratoire, et les professeurs interrogés étaient informés de son origine. Cela a pu les influencer dans le sens d'une utilisation particulièrement scolaire du document ; nous y reviendrons.

Dans la phase de guidage, afin que la volonté de créer une situation-problème n'interfère pas avec nos analyses, nous avons choisi de modifier le document en supprimant la question et en la remplaçant par un petit texte explicatif de l'image, de sorte que l'ensemble s'apparente davantage à un document de VS classique ; le document passe ainsi clairement du statut de DOS-AD à celui de DONS. Le document ainsi modifié sera présenté en début de la 3^{ème} partie de cette présentation, qui fait état des résultats obtenus dans la phase de guidage.

En outre, tous les critères qui ont conduit aux choix de ce document sont respectés :

- Ce document a une structure simple et présente des zones de lecture qu'il est relativement facile de relier entre elles.
- Il est en lien direct avec le programme de seconde sur deux points :
 - Les propriétés de la lumière
 - Les ordres de grandeurs
- L'image est censée appuyer la compréhension du caractère fini de la vitesse de la lumière.
- Il y a indéniablement une volonté de la part des concepteurs de rendre le document attractif notamment avec une pointe d'humour et un aspect quelque peu « décalé », type science fiction.
- Enfin, le document présente des facilités et/ou des invraisemblances repérables, notamment :
 - L'existence des ET et le fait qu'ils parlent français
 - La taille des ET par rapport à leur planète
 - La puissance supposée du télescope
 - La représentation de la Terre

Notre étude se concentre, dans une première phase, sur la perception qu'a le lecteur du message principal. Aussi, nous avons choisi de définir comme message principal de référence l'idée que, **la vitesse de la lumière étant finie, l'information portée par la lumière nous parvient décalée dans le temps, ce qui, pour d'importantes distances, porte à conséquence.**

Architecture scriptovisuelle du document

Ce document a une présentation que nous pourrions qualifier de simple (entendons non-complexe). Il présente en effet une seule image centrale.

Nous découperons le document en 4 zones qui portent chacune une ou plusieurs informations :

- Le titre : « une image en différée... » situé dans la partie supérieure gauche.

- L'image centrale : la planète, les extra-terrestre (ET) et leur télescope, la Terre, le fond du ciel.
- Les bulles de dialogue type bande-dessinée.
- La date et la question : « La scène se passe en l'an 2000. Pouvez-vous répondre à la question que se pose cet extra-terrestre ? ».

Le titre a lui seul donne déjà une information sur la nature du message principal. Il semble avoir été placé ici pour mettre sur la voie du concept abordé dans ce document.

L'image centrale, les bulles, la date sont directement reliés. Autrement dit, la lecture du document se veut linéaire : on commence par le titre, on consulte l'image centrale, on y lit les bulles et l'on termine par l'information sur la date, et la question.

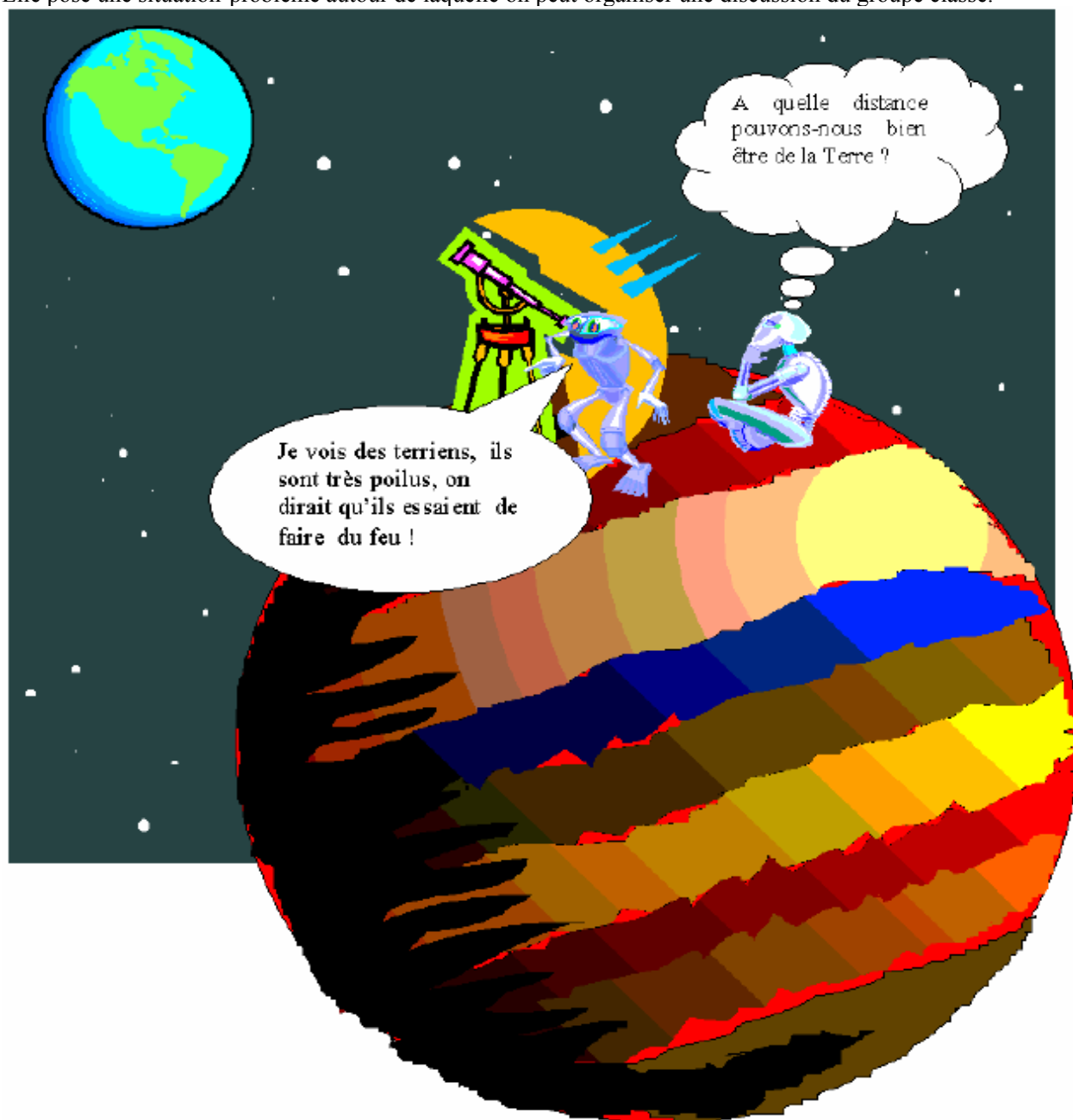
Dans cette présentation, il y a peu de chance qu'un élève se perde dans le cheminement souhaité, ce qui ne veut pas dire pour autant qu'il aura facilement accès à une synthèse pour le message principal.

Activité B2

Une image...en différé !

Cette image peut être tirée sur transparent et rétroprojetée.

Elle pose une situation-problème autour de laquelle on peut organiser une discussion du groupe classe.



La scène se passe en l'an 2000.

Pouvez-vous répondre à la question que se pose cet extra-terrestre ?

Document « ET »

La hiérarchie des risques liés aux facilités et rapportée à l'objectif de compréhension du message principal

Un de nos objectifs lors du recueil de données qui va suivre, est de savoir si le lecteur (professeur ou élève) repère et éventuellement hiérarchise les risques liés aux facilités précitées. C'est ce que nous avons nommé les EFOP (éléments facilitateurs et obstacles potentiels). L'opération souhaitée se déroule en deux phases : le repérage des éléments facilitateurs (EF), puis la hiérarchisation des obstacles potentiels (OP).

Toutes les facilités relevées dans le document n'ont pas les mêmes implications et de ce fait ne comportent pas les mêmes risques de compréhension hasardeuse (OP).

Concernant l'existence ou non des ET et le fait qu'ils parlent le français, chacun s'accordera à dire que ce côté imaginaire ne porte pas à conséquence sur la compréhension des concepts de physique.

A propos de la taille des ET en comparaison avec celle de leur planète, les auteurs font sans doute le pari que les élèves ne seront pas perturbés par ce non respect des échelles. Certes, on imagine mal un élève prenant ce dessin pour une représentation formelle de la réalité, mais concernant des élèves qui sortent d'un enseignement sur les ordres de grandeurs dans l'univers, on peut se demander s'ils vont être conscients du caractère anodin de la simplification.

De même, quel télescope aujourd'hui, à une telle distance, pourrait révéler des détails aussi précis que les poils sur la peau, ou l'action de faire du feu ? L'élève peut-il détecter cette incohérence ? Mettra-t-il en cause la technique ?

Les deux dernières facilités évoquées ici ne sont pas susceptibles d'avoir les mêmes conséquences.

Enfin, concernant la représentation de la Terre, l'invraisemblance peut engendrer une incohérence majeure en lien avec les deux points du programme abordés. En effet, à 300000 années-lumière, la Terre devrait apparaître comme un simple point (ce qui rejoint d'ailleurs les considérations sur la puissance du télescope), sous réserve d'une luminosité suffisante. Cette représentation va donc à l'encontre du résultat numérique et par voie de conséquence, ne respecte plus les ordres de grandeurs.

Qu'il soit entendu ici, comme nous l'avons déjà précisé, que nous ne cherchons pas à faire la critique du document avec comme objectif de déconseiller son étude ou encore de proposer des modifications. La question qui nous concerne ici est de savoir si les élèves et les professeurs sont en mesure de repérer ces invraisemblances ou les facilités employées, et, le cas échéant, de hiérarchiser les risques comme nous venons de le faire.

Au-delà des questions qui seront posées aux élèves et aux professeurs sur l'identification du message principal, les autres questions viseront donc la perception des invraisemblances pour ces deux catégories de population.

2.3. *Le document sur « le décalage vers le rouge des galaxies » ou document « Galaxies »*

Cette double page est extraite d'un dossier hors-série de « Sciences et Vie, Juniors ».

Contrairement au document précédent, celui-ci présente une structure de zones complexe. Il y a en effet, plusieurs zones de lecture avec des encarts et des paratextes censés illustrer plusieurs concepts. Plusieurs images explicatives sont ici analysables.

Relativement au programme de seconde, ce document est intéressant car il donne un exemple concret de l'utilisation de l'analyse spectrale de la lumière avec une extension à l'effet Doppler (hors programme du lycée général mais évoqué dans certains ouvrages scolaires).

Signalons dès à présent que, de notre point de vue, le message principal censé être véhiculé par le document est exprimé par sa conclusion : « Les galaxies rougissent parce qu'elles semblent nous fuir ». Autrement dit, **on observe un décalage vers le rouge de la lumière émise par la galaxie parce que ces galaxies s'éloignent de nous**. C'est ce que nous choisirons comme message principal de référence. Notre objectif est de comparer ce que les lecteurs identifieront comme message principal par rapport à celui-ci.

La volonté de rendre le document accrocheur se ressent dans le choix du vocabulaire employé (ex : « *le télescope « Zyeuton » aurait-il une poussière dans l'œil ?* », un « *nuage d'hydrogène en goguette* », « *c'est kif-kif* »), l'humour, mais aussi dans le choix d'une mise en scène quelque peu spectaculaire.

Les facilités employées sont ici nombreuses et nous avons choisi de n'en étudier que quelques unes liées au message principal ou aux invraisemblances :

- La mise en visibilité des nuages d'hydrogène
- La représentation matérialisée du faisceau de lumière entre galaxie et télescope
- Le non respect des échelles
- « La » raie unique du spectre de l'hydrogène.
- Le décalage de la raie d'absorption de l'hydrogène représentée par une flèche (dont on s'attend à peu de repérage et uniquement de la part des professeurs)
- Le fait qu'à l'image, le décalage spectral dû à l'effet Doppler¹⁵ apparaisse comme lié à la distance aux galaxies, sans mention du rôle de la vitesse.

¹⁵

On pourra, sur ce thème, se reporter aux travaux de Leroy-Bury, J.-L. et Viennot, L. : « *Doppler et Römer : physique et mathématique à l'œuvre* » Bulletin de l'union des physiciens. Vol. 97. Décembre 2003.

PREUVE

Le décalage vers le rouge

Étrange, la lumière des galaxies rougit

Le héros de notre histoire - le super-télescope ZEUPTON - est un sacré traqueur de galaxies. Il n'a pas son pareil pour leur faire avouer de quel se compose la lumière qu'elles nous envoient. Pour chacune, il est capable d'établir la fiche d'identité de sa lumière - son spectre - c'est-à-dire les couleurs dont cette lumière est composée.

1 Dans le labo attaché au ZEUPTON, la lampe émet un spectre continu : toutes les composantes de la lumière « blanche » y sont sagement disposées en bandes, du rouge au violet. Cette lumière passe à travers un nuage d'hydrogène. On photographie de nouveau son spectre. Surprise ! Il a changé : des couleurs manquent à l'appel, remplacées par des raies noires. Aucun doute, les couleurs manquantes ont été absorbées par l'hydrogène. C'est le spectre d'absorption de l'hydrogène : il appartient qu'à lui, c'est sa signature inaltérable.



Spectre de la galaxie A



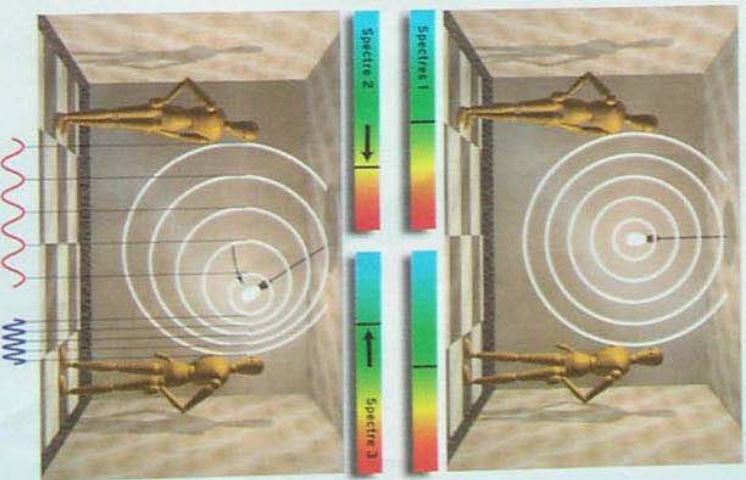
Spectre de la galaxie B

2 Là-haut, à des milliards de milliards de kilomètres, une galaxie A, ZEUPTON lui soufrite un peu de lumière, après ce qu'elle a traversé un nuage d'hydrogène en joquette dans l'espace. Même chose pour sa sœur jumelle, la galaxie B. On pourrait s'attendre à ce que les spectres de A et de B, corrigés par l'hydrogène, soient proches de bloc vers le rouge (c'est-à-dire vers l'extrémité rouge du spectre) par rapport à celui de A, et encore plus par rapport à celui du labo ! Le spectre de A n'est pas non plus superposable à celui de l'hydrogène réalisé sur terre : il est lui aussi, mais dans une moindre mesure, déporté vers le rouge. Diabole ! ZEUPTON aurait-il une poussière dans l'œil ?

Les galaxies rougissent parce qu'elles semblent nous fuir

Le décalage vers le rouge des galaxies peut s'expliquer d'une façon simple. Il suffit de faire appel à un effet bien connu sur terre, l'effet Doppler-Fizeau. En gros, une source d'ondes en mouvement déforme les ondes qu'elle émet. Vous pouvez le vérifier en écoutant débouler une voiture de pompiers siffler en marche. Quand la voiture s'approche de vous, le son est perçu plus aigu (fréquence plus élevée = longueur d'onde raccourcie). Quand elle s'éloigne, le son perçu plus grave (fréquence plus basse = longueur d'onde plus grande). Même chose avec une source lumineuse, galaxie ou simple lampe, ainsi que l'explique le dessin ci-dessous.

1 Une lampe immobile répand ses rayons de façon identique en direction des deux observateurs. Si l'on décompose cette lumière, on obtient son spectre (1) : c'est la bande arc-en-ciel sous le dessin. Les deux observateurs « voient » le même spectre.



2 L'observateur est mis en mouvement... et les deux observateurs ne verraient plus la même chose à leurs yeux ultra-sensibles. Les rayons « se tassent » dans le sens du mouvement, du côté du bonhomme de droite. Autrement dit, l'œil verra passer plus de vagues de lumière en une seconde. En termes scientifiques, on dit que la fréquence augmente (ou que la longueur d'onde diminue, c'est kif-kif). Traduction sur le spectre 3 : la lumière est décalée vers le bleu, vers les ondes de longueur plus courte. En revanche, pour le bonhomme de gauche, la lumière « fuit », les rayons s'écartent : la longueur d'onde augmente, elle se décale vers le rouge (spectre 2). Si nous appliquons l'effet Doppler-Fizeau à nos galaxies rougissantes, la conclusion tombe, impeccable : les galaxies semblent nous fuir.

Architecture scriptovisuelle du document

Le document se décompose en 5 zones. Certaines de ces zones se subdivisent elles-mêmes en plusieurs zones de niveau inférieur.

- 1) Le titre : « Preuve 1 : Le décalage vers le rouge ».
- 2) L'encart en haut et à gauche expliquant l'analyse spectrale. Cette zone se décompose en 2 zones de niveau inférieur :
 - (a) Le schéma de l'expérience (en haut sous le titre).
 - (b) Le texte qui accompagne ce schéma (en haut à gauche).
- 3) L'image centrale qui comprend également 4 zones de niveau inférieur :
 - (a) L'image elle-même (télescope, galaxies, nuages d'hydrogène).
 - (b) Le spectre de la galaxie A.
 - (c) Le spectre de la galaxie B.
 - (d) Le texte explicatif de cette partie (en bas à gauche).
- 4) L'encart à droite censé expliquer l'effet Doppler. Il se décompose à son tour en 3 zones de niveau inférieur.
 - (a) L'exemple de la vie courante (la sirène de pompier), en rouge.
 - (b) Le schéma 1, son texte et ses spectres associés.
 - (c) Le schéma 2, son texte et ses spectres associés.
- 5) La conclusion en bas à droite (en jaune), à côté de l'encart de droite : « Les galaxies rougissent parce qu'elles semblent nous fuir ».

Les intentions de l'auteur semblent claires. La lecture attendue doit suivre la numérotation : d'abord le titre, ensuite la zone numérotée 1) (en haut à gauche) qui donne les bases de l'analyse spectrale, puis la zone numérotée 2) (image centrale et encadré en bas à gauche) qui nous révèle les résultats de l'expérience, on poursuit par la zone numérotée 3) (l'encart de droite) qui est censée nous fournir une interprétation de l'observation via la compréhension de l'effet Doppler, enfin la conclusion.

Si ce cheminement semble logique du point de vue de la lecture, il n'est pas certain qu'il permette à un adolescent de relier conceptuellement les 11 zones au total que compte ce document.

Un exemple : dans la zone 3) b), est-il si évident de mettre en relation les zones 2) et 3) pour comprendre sur quels principes repose l'analyse spectrale de la galaxie A ?

Encore plus difficile : Est-il si évident que pour interpréter le décalage de la raie d'absorption entre les spectres des galaxies A et B (zones 3)b. et 3)c.), il faille utiliser de manière comparative les zones 4)b. et 4)c. de l'encart de droite ?

Même si ce lien conceptuel est potentiellement accessible pour les élèves, on peut légitimement penser qu'ils seront un certain nombre à être en difficulté.

Or, de notre point de vue, la synthèse à effectuer pour accéder au message principal de ce document nécessite de relier conceptuellement les différentes zones du document.

Comparativement au document « ET », nous qualifierons de complexe le lien conceptuel entre les zones du document « Galaxies ».

Hierarchie des risques liés aux facilités par rapport au message principal de référence (EFOP)

Comme pour le document « ET », toutes les facilités relevées dans le document n'ont pas les mêmes implications et de ce fait ne comportent pas les mêmes risques de compréhension hasardeuse.

Le non respect des échelles est ici une évidence, mais contrairement au document « ET » où les ordres de grandeur représentent un aspect du message, ici les concepts abordés ne sont pas en lien direct avec la taille des objets. Il est donc intéressant pour nous de voir si les élèves sont capables de différencier les deux documents relativement à cet aspect.

La représentation matérialisée des faisceaux lumineux en provenance des galaxies ne semble pas interférer avec le message principal. Cependant, est-on certain que les élèves ne vont pas généraliser cette représentation avec comme conséquences, d'une part de penser que la lumière est émise par la galaxie dans une direction privilégiée, et d'autre part, de croire à la matérialité et donc à la visibilité du faisceau (idée très prégnante au collège et au lycée : à ce sujet voir les travaux de Kaminski 1991, Galili 1996) ? Cependant, nous avons choisi de ne pas approfondir cette question pour nous concentrer sur les aspects qui suivent.

Le décalage de « la » raie d'absorption de l'hydrogène pose deux problèmes. D'abord comme nous le savons, il y a *des* raies et non *une* raie d'absorption dans le domaine du visible, ce qui va à l'encontre de l'enseignement délivré sur cette partie du programme. Par ailleurs, l'effet Doppler-Fizeau provoque effectivement un décalage : « la » raie étudiée ne se superpose plus à la même position dans le spectre, mais il s'agit en réalité du « déplacement » du spectre et non de la raie comme le laisse entendre la flèche sur le schéma. Bien sûr, cette dernière considération est hors de portée des élèves de seconde. Mais l'est-elle des professeurs ? Peuvent-ils et doivent-ils y remédier ?

Enfin, et c'est dans ce document ce qui a retenu le plus notre attention, il apparaît comme évident à sa lecture que le décalage spectral dû à l'effet Doppler est lié à la distance des galaxies au télescope. Or, nous savons que ce décalage est en réalité dû à la vitesse radiale relative de la source par rapport au récepteur. L'accent mis sur la distance risque donc d'aller à l'encontre de la compréhension de l'effet Doppler. Cependant, l'idée finale véhiculée n'est pas fautive, puisque dans le cas présent il y a un couplage vitesse-distance concernant les galaxies, c'est-à-dire que leur vitesse d'éloignement augmente avec leur distance à l'observateur. Nous verrons si cet aspect à la marge du programme du lycée peut être abordé avec les élèves en classe.

En bref, si la question des échelles est ici sans importance, la matérialisation des faisceaux revêt une importance secondaire qui n'est pas liée au message du document. « La » raie unique de l'hydrogène mérite davantage notre attention puisque ce point est abordé dans le programme et que les élèves devraient donc ne pas être confrontés à une contradiction. Enfin, concernant le décalage spectral et bien que la notion soit hors programme, il sera intéressant d'étudier quelle sera la compréhension de l'effet Doppler chez les élèves, et donc la compréhension du message principal, à savoir le décalage vers le rouge du spectre de la lumière issue des galaxies, du fait de leur vitesse d'éloignement.

2.4. *Le document « Matière »*

Le dernier document étudié est également une double page tirée d'un magazine de VS (Il s'agit d'un document fourni par un élève au cours d'un travail de recherche et dont les références n'ont pas été données).

Tout comme le document « Galaxies », il présente une structure de zones, avec des schémas explicatifs légendés, des illustrations, et un lexique.

Il est en lien avec le programme de seconde à propos de la structure de la matière à l'échelle du noyau et de l'atome. Là encore, l'intérêt repose sur une illustration concrète du travail des scientifiques sur ce thème, alors que faute d'observation abordable au lycée, cette partie reste des plus abstraites pour les élèves.

Ici, le côté accrocheur du document repose essentiellement sur une mise en scène spectaculaire. Le ton employé est plus « sérieux » que dans les documents précédents.

Concernant les facilités conceptuelles, nous avons choisi de nous centrer sur quelques parties :

- Les différents schémas de bas de page en présentent plusieurs points qui retiennent notre attention (échelles, molécule représentée comme un cristal, trajectoire localisée des électrons, « enveloppe » de l'atome et des nucléons...)
- Dans le texte (page de droite), on explique que l'on accélère les particules à l'aide de puissants champs magnétiques.

Mais, dans cette double page, on repère également des incohérences structurelles comme ce lexique de mots (où, par exemple, on cite l'antimatière sans qu'il y soit fait référence dans le texte), ou encore cette représentation du collisionneur sans légende en page de droite. Il sera intéressant de voir ce qu'en disent les élèves.

Dans ce document, le message principal qui sera choisi comme référence est **qu'il est possible via un accélérateur de particule de reproduire les conditions du Big Bang pour étudier la genèse de l'univers.**

Architecture scriptovisuelle du document

Les zones de ce document sont particulièrement nombreuses :

- le titre et son sous-titre « l'ABC de la matière » et « étudier la matière... » (en haut à gauche).
- Le texte « principal » (à gauche et au centre).
- Les schémas de bas de page, intitulés « qu'est-ce que la matière » qui se subdivisent en 5 parties (numérotées de 1 à 5 par nous-mêmes sur le document), et les légendes et commentaires associés.

l'ABC de la matière

Étudier la matière, tenter de reproduire les conditions du big bang : les physiciens travaillent sur le sujet, à l'aide de machines impressionnantes, les accélérateurs de particules.

Au départ, l'Univers n'est qu'une purée de **particules**. Puis les atomes, et plus tard de grandes structures célestes, vont apparaître.

Comment la matière va-t-elle donc s'organiser ? Pourquoi les particules, puis les atomes vont-ils s'assembler ? Grâce à l'abaissement de la température de l'Univers, les quatre forces physiques vont pouvoir se mettre en place. La force faible provoque la radioactivité, la force nucléaire soude les noyaux des atomes, la force électromagnétique assure la cohésion des atomes. Quant à la force de gravité, elle est celle qui attire les masses les unes vers les autres. Sans elles, les étoiles n'auraient pu se constituer et ne seraient qu'un éparpillement de poussières.

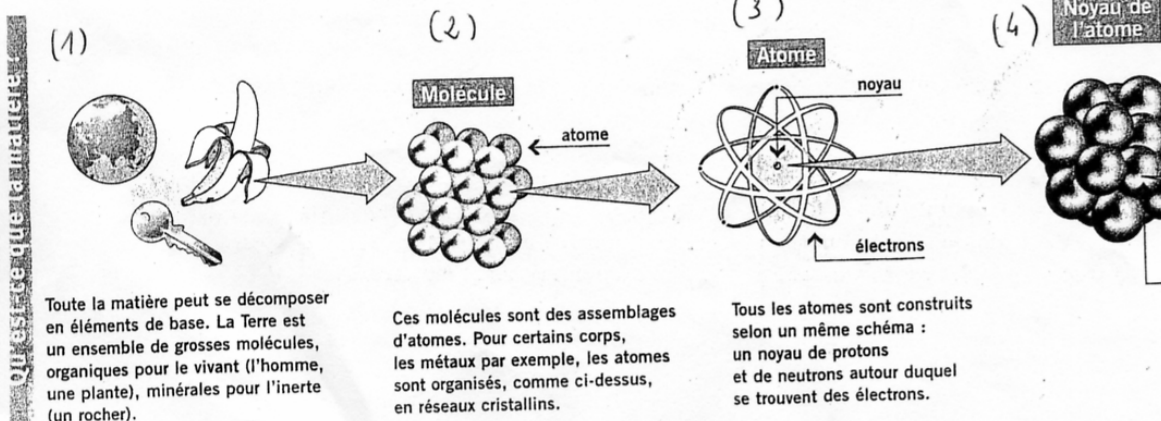
L'Univers est partout régi par ces forces physiques immuables. C'est du moins ce

que les chercheurs constatent dans sa partie accessible à leurs instruments.

Au cœur de la matière

Pour les physiciens, l'Univers est le fruit d'une grande concentration d'**énergie** et les étoiles ne sont que d'énormes regroupements d'atomes et de particules. Comprendre l'infiniment grand revient en fin de compte à connaître l'infiniment petit, l'infiniment énergétique. Pour mener à bien leurs recherches, les physiciens ont recours à des machines étonnantes : les accélérateurs de particules. Le plus grand d'entre eux, le LEP (*Large electron positron*) se trouve près de Genève. Là, les chercheurs du CERN passent le plus clair de leur temps à provoquer des « chocs » entre particules au repos, ou lancées à pleine vitesse. Une

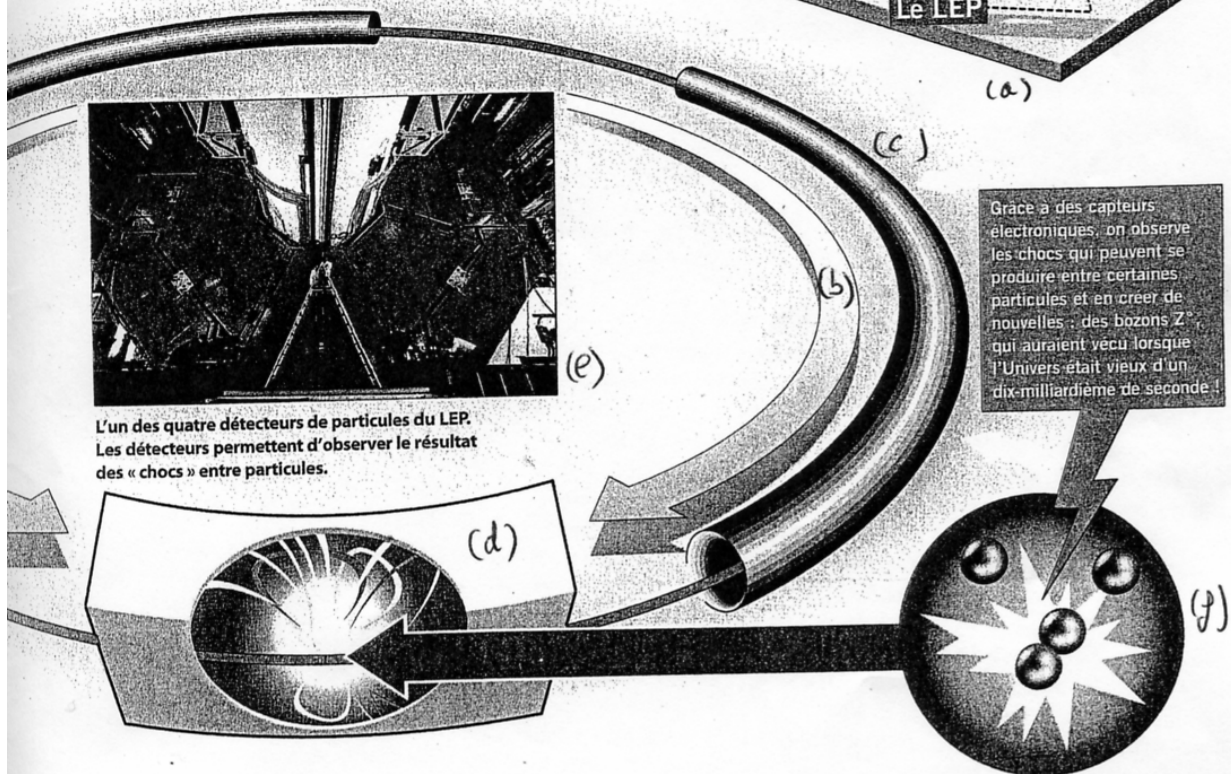
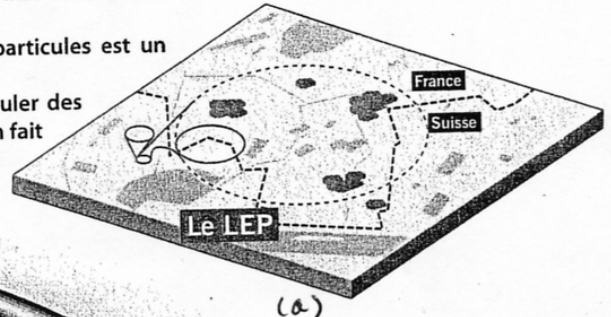
vitesse proche de celle de la lumière. Ils peuvent ainsi étudier la matière et l'énergie dans des conditions où elles sont intimement reliées, des conditions supposées être proches de celles du big bang. Objectif de ces expériences : l'étude des origines de l'Univers, mais plus encore celle de la nature intime de la matière. Afin de poursuivre ces recherches sur l'infiniment petit, la construction d'une machine encore plus grande et sophistiquée est déjà engagée. Il s'agit du LHC (*Large hadron collider*) devrait entrer en service vers l'an 20



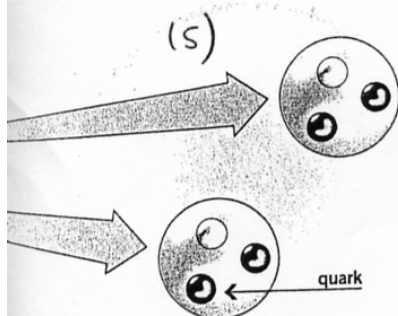
Le plus grand accélérateur de particules du monde

Situé à la frontière franco-suisse, Le LEP (*Large electron positron*, en français : grand collisionneur d'électrons et de positons) est une machine aux dimensions impressionnantes.

- À une centaine de mètres de profondeur, cet accélérateur de particules est un gigantesque anneau de 85 km de circonférence.
- Dans un tube de quelques centimètres de diamètre, on fait circuler des particules (**protons** et antiprotons ou positons et **électrons**), que l'on fait accélérer à l'aide de puissants champs magnétiques (créés par des électro-aimants).



L'un des quatre détecteurs de particules du LEP. Les détecteurs permettent d'observer le résultat des « chocs » entre particules.



Les protons et les neutrons sont constitués de quarks.

Les mots clés

Particule : entité physique à laquelle correspondent des propriétés bien précises (charge - positive ou négative -, masse...).

Proton, neutron : particules constituant le noyau de l'atome.

Électron : particule localisée autour du noyau.

Photon : « grain » de lumière.

Antimatière : c'est le miroir de la matière. Un anti-électron est un « électron positif » que l'on appelle positon ou positron.

Énergie : l'énergie peut se transformer en masse et inversement. C'est la découverte d'Einstein, résumée par sa célèbre formule $E = mc^2$. L'énergie (E) est équivalente à une masse (m), dans des conditions de très grandes vitesses, proches de celle de la lumière ($C = 300\,000\text{ km/s}$).

- La description du LEP (en haut à droite) intitulé « le plus grand accélérateur de particules du monde ». On distingue ici 3 zones de niveau inférieur :
 - Le texte d'information sur le LEP.
 - La carte indiquant la situation géographique du LEP
 - Le schéma « de principe » de l'accélérateur de particule (qui se subdivise en sous-parties notées b, c, d et f sur le document pas nous-mêmes)
 - La photographie du détecteur de particule et sa légende située au centre du schéma de principe.
- Le lexique intitulé « les mots clés », en bas à droite.

Les intentions de l'auteur sont ici beaucoup moins évidentes. Il n'est pas fourni *a priori* de guide de lecture. Ce qui sous-entend que la lecture ne doit pas se faire nécessairement de façon linéaire. S'il apparaît évident que l'on doit débiter la lecture par le titre et le sous-titre (zone 1), et poursuivre par le texte « principal » (zone 2) ; la lecture des autres zones peut, semble-t-il, se faire dans le sens que l'on souhaite. Néanmoins, les zones 3 et 4 sont censées appuyer et illustrer le propos de la zone 2. Le lexique (en zone 5), quant à lui, se rapporte aussi bien aux zones 2, 3 ou 4, ou même à aucune zone !

Relier conceptuellement les différentes zones du document entre elles est dans ce cas, et comparativement au document « Galaxies », beaucoup moins fondamental pour parvenir à une synthèse pour un message principal. En effet, l'intégralité de ce message est contenue dans le titre, le sous-titre et le texte principal. Néanmoins, il existe un risque que d'autres zones du document ne dispersent l'attention des lecteurs, les amenant à délaisser le message principal en omettant de relier conceptuellement les différentes zones du document.

Le risque est d'autant plus fort pour nos élèves, puisque c'est précisément cette série de schémas qui rattache le document au programme de l'année scolaire. Il y a donc *a priori* un risque majeur d'incitation à la réduction scolaire.

Par ailleurs, et comparativement aux deux documents précédents, on peut noter ici la présence d'images de différentes natures dont nous avons précisé la typologie en introduction.

Nous recenserons 3 types d'images dans ce document :

- Des images explicatives : comme nous l'avons déjà précisé dans nos critères de choix, il s'agit d'images qui ont pour vocation de participer à la compréhension d'un concept ou à son élaboration mentale. C'est le cas ici de toute la série de schémas de bas de page (zone 3), mais aussi de la zone 4c. appuyant l'explication du principe de fonctionnement du LEP.
- Des images informatives : Elles portent une information, mais cette information n'est pas en lien avec un quelconque concept de physique. C'est le cas ici, de la carte en haut à droite, précisant la situation géographique du LEP.
- Des images illustratives : elles ne font qu'illustrer le propos et n'apportent, au mieux, que des informations très secondaires (en regard des objectifs que se fixent *a priori* le document). C'est ici le cas de la photographie du collisionneur de particules (zone 4d).

Il va de soi, que porter l'attention des élèves sur les images explicatives n'aura pas les mêmes incidences sur la compréhension que si l'on se centre sur les 2 autres catégories d'image. Dans cette étude, nous ne chercherons pas à savoir si les élèves sont en mesure de prendre conscience de cette distinction. Cependant, nous orienterons les activités sur les images explicatives, et c'est celles-ci que l'on tâchera de relier conceptuellement au reste du document.

Hierarchie des risques liés au message principal et aux invraisemblances (EFOP)

La hiérarchie des risques associés aux invraisemblances conceptuelles est moins évidente dans ce document que dans les deux premiers. Si le non respect des échelles peut évidemment être considéré comme secondaire ici encore, les autres représentations de la structure de la matière posent toutes problème vis-à-vis de l'enseignement qu'ont reçu les élèves.

Le fait qu'il y ait une confusion apparente entre molécule et réseau cristallin ne perturbe pas le message principal mais peut laisser croire que la liaison covalente à l'origine de la molécule se retrouve également dans le réseau cristallin. De même, on pourrait croire, à la lecture, que le « vivant » n'est constitué que de « grosses molécules organiques ».

La représentation localisée des électrons de l'atome (type modèle de Bohr), va bien sûr à l'encontre de l'idée que l'on tente de faire comprendre aux élèves où il est question de la probabilité de présence plus ou moins élevée de l'électron dans telle ou telle zone.

L'enveloppe qui entoure l'atome (schéma 2) et le nucléon (schémas 4 et 5) a probablement comme objectif d'évoquer l'idée de dimension caractéristique (et donc de limite finie) de ces particules. Toutefois, on peut se demander si les élèves ne vont pas imaginer cette enveloppe comme « une coquille d'œuf » qui maintiendrait les particules confinées. C'est dans le programme de l'année suivante, en première S, que l'on développe les interactions fondamentales qui assurent la cohésion, et qui sont évoquées en début de texte. Si on veut donc envisager l'étude de ce document en seconde, il faudra lever cette ambiguïté pour ne pas véhiculer des idées fausses pour l'année suivante.

Enfin, à propos de l'accélérateur de particules, le texte laisse penser que c'est le champ magnétique qui accélère les particules chargées. Or, nous savons que si ce champ est nécessaire pour courber la trajectoire, il ne peut accélérer ces particules, ce que seul un champ électrique peut faire. Il s'agit d'une facilité employée par l'auteur sous la forme d'un raccourci. Cette idée que le champ magnétique puisse accélérer les particules constitue un risque majeur pour les étudiants d'élaborer des conceptions erronées.

Il est à noter que ce document a été réservé pour servir d'évaluation à l'issue de la phase de guidage (voir 3^{ème} partie). Il n'y a donc eu aucun test concernant ce document dans la phase exploratoire qui va être détaillée dans les lignes qui suivent.

3. PREMIERES REACTIONS DES ELEVES ET DES ENSEIGNANTS AUX DOCUMENTS « ET » ET « GALAXIES »

3.1. Méthodologie d'investigation

Dans une première étape, nous avons interrogé les élèves sur le document « ET ». Le questionnaire a concerné deux classes de seconde générale, ceci deux années consécutives (N=128). Il a légèrement évolué entre les deux années (questionnaires QE1 et QE2, voir annexe III.1.a et b. pp.350-351). La première question portait sur la compréhension de ce que nous avons appelé le « message principal ». Rappelons que nous avons choisi comme message principal de référence, que, la vitesse de la lumière étant finie, l'information portée par la lumière nous parvient décalée dans le temps, ce qui, pour d'importantes distances, porte à conséquence.

Outre les classes de seconde, nous avons également porté notre attention sur des étudiants de 1^{ère} année (DEUG A, N=17), afin d'avoir un aperçu de l'influence du niveau d'étude sur la compréhension, ou plus exactement pour savoir si les difficultés repérées étaient spécifiques au niveau de seconde générale. Pour cette étude, un petit questionnaire a été suivi de courts entretiens (pour la retranscription intégrale, voir annexe III.2. p.352).

Enfin, nous avons également testé les professeurs stagiaires (N=33) sur le même thème (questionnaires QP1, N=13 et QP2, N=20, annexe III.3.a et b. pp.389-390). Nous avons considéré que pour cet échantillon, l'identification du message principal pour ce document ne devrait pas poser trop de problème, par conséquent, les questionnaires ont été largement orientés vers une analyse critique du document.

Ensuite, un travail similaire a été effectué avec le document « Galaxies ». Il a concerné deux classes de seconde sur deux années avec, là encore, une évolution du questionnaire sur les deux années (questionnaires QE3 et QE4, annexes III.4.a. et b. p. 393-394, N=62). Le groupe d'élèves en question est une partie du groupe qui a été interrogé sur le document « ET ». Un groupe de professeurs stagiaires (N=28, questionnaires QP3 annexe III.5. p. 395) a également été interrogé sur ce document.

Il est à noter, que pour ces deux documents, le questionnement portait sur des notions déjà vues en classe par les élèves et qui ont donné lieu à un enseignement classique (à l'exception toutefois de l'effet Doppler abordé dans le document « Galaxies »).

Les données sont récapitulées dans le tableau qui suit :

Questionnaires	Elèves	Futurs Professeurs et Stagiaires
Doc. « ET »	<ul style="list-style-type: none">▪ QE1 et QE2 (N=128)▪ Questionnaire + entretiens (DEUG 1, N=17)	<ul style="list-style-type: none">▪ QP1 (N=13, licence PLC2)▪ QP 2 (N=20, stagiaires)
Doc. « Galaxies »	<ul style="list-style-type: none">▪ QE3 et QE4 (N=62, part des 128)	<ul style="list-style-type: none">▪ QP3 (N=28, stagiaires)

Tableau 2.1 : Récapitulatif du recueil de données (documents « ET » et « Galaxies »).

3.2. *Résumé des premiers résultats concernant les élèves et les professeurs à propos des documents « ET » et « Galaxies »*

3.2.1. Introduction

A partir des deux documents « ET » et « Galaxies », les questions posées visaient à aborder trois aspects de l'étude des DONS en classe. D'abord, nous voulions savoir, ce qu'il en était de l'identification du message principal par nos différents publics, et si la réduction scolaire, déjà repérée dans la première partie se manifestait ici. Ensuite, nous voulions obtenir des informations sur la possibilité d'effectuer un travail d'analyse critique en lien avec les EFOP (voir introduction p.31) avec les élèves et leurs professeurs à partir de ces DONS. Enfin, nous souhaitions connaître l'avis des uns et des autres sur le caractère accrocheur des documents et sur leur éventuelle faculté à susciter la motivation. Nous avons fait le choix de ne pas analyser les réponses à un questionnaire destiné à un public particulier in extenso et de façon linéaire mais, au contraire, de sélectionner dans les réponses à plusieurs questions d'un même questionnaire les réponses qui nous permettent de contribuer à éclairer les trois thèmes que nous venons d'évoquer.

Sur le modèle de la première partie, nous avons conçu une version résumée en début de cette seconde partie. En effet, le très grand nombre de questions posées de manière répétitive sur deux années, à différents publics et la diversité des réponses obtenues peuvent rendre fastidieuse la lecture des résultats. La version synthétique qui suit permettra de faire apparaître plus nettement les grandes tendances qui se dégagent de l'analyse des réponses. Les trois thèmes évoqués précédemment seront donc abordés dans les parties 3.2.2, 3.2.3 et 3.2.4. Le lecteur désireux d'avoir plus de détail sur les conditions et résultats de l'enquête ou qui souhaite avoir des exemples de réponses d'élèves et de professeurs pourra consulter les sections ultérieures de cette seconde partie (3.3.1, 3.3.2, et 3.3.3). La section 4 résume la démarche et nos conclusions sur cette première approche des documents, ainsi que notre perspective de travail à l'issue de cette phase préliminaire d'enquête.

3.2.2. De la difficulté d'identifier le message principal et premières indications d'une réduction scolaire

L'identification du message principal

A l'analyse des premières réponses aux questionnaires QE1 et QE2 (voir p.103), on observe que 40% (N=128) des élèves ont des difficultés à identifier correctement le message principal dans le document « ET », le degré de confusion étant plus ou moins prononcé (voir les résultats en détails en section 2.2.3.1). Concernant le document « Galaxies », 76% (N=62) des élèves ont des difficultés à identifier le message principal.

La structure de zones relativement complexe du document « Galaxies » coïncide, *a priori*, avec une identification plus difficile du message principal. Nous avons relevé que 85% des élèves manifestent, d'une façon ou d'une autre, une difficulté à relier conceptuellement les différentes zones de ce document entre elles.

Plus précisément, pour le document « Galaxies », on constate que les élèves ont tendance à assigner à l'effet Doppler le rôle du message principal au détriment de celui que nous avons choisi comme référence (comprendre que le décalage vers le rouge des galaxies est dû à leur mouvement d'éloignement). Il semblerait que les élèves manifestent ici une propension à confondre le message principal et le concept présenté dans le document pour appuyer ce message.

De manière plus spécifique, la compréhension de l'effet Doppler est très partielle. Son lien avec le mouvement d'éloignement des galaxies ne se fait que très rarement. Le plus souvent l'effet Doppler est associé à la distance (et non à la vitesse, voir p.90) comme le laisse supposer l'image « figée » proposée dans ce document. 35% (N=62) des élèves associent directement l'effet Doppler à la distance ; notons que ce score doit se comprendre comme un minimum car tous ne s'expriment pas sur ce thème, peut-être du fait que certains se sentent complètement dépassés par le sujet. L'association directe entre effet Doppler et distance concerne tous sauf 5 des 27 élèves qui développent ce thème.

Les étudiants de 1^{ère} année du supérieur ne semblent guère mieux identifier le message principal dans le document « ET » : 10/17 en ont une compréhension très éloignée. Il semble donc, que le niveau d'étude (sur la plage observée, entre la 2^{nde} et la 1^{ère} année du supérieur) ne permette pas à lui seul d'expliquer les difficultés que rencontrent les étudiants à l'abord d'un DONS. Ce point est à noter, compte tenu des commentaires des professeurs interrogés à propos des conférences (dans la partie 1), qui, en nombre, insistaient sur le fait que le niveau n'était pas adapté à leurs élèves. Il est d'ailleurs évident que les concepteurs de ces DONS ne visent pas les élèves d'un niveau particulier mais une tranche d'âge pour un public potentiel.

Enfin, l'analyse du document « Galaxies » par un groupe de professeurs stagiaires a montré que seulement un tiers (N=28) d'entre eux expriment le message principal comme celui que nous avons choisi comme référence. Le plus souvent (43%), les stagiaires attribuent à l'effet Doppler le rôle de message principal.

La réduction scolaire

Au total, 13% (N=128) des élèves voient le calcul de la distance Terre-Planète comme l'objectif principal dans le document « ET ». De notre point de vue, il s'agit pour ces élèves de se rattacher spontanément à un objectif scolaire (au sens habituel de ce terme). C'est une manifestation de la réduction scolaire déjà évoquée dans la 1^{ère} partie.

A propos du document « Galaxies », 44% (N=62) des élèves évoquent l'analyse spectrale comme objectif principal. Or, cette notion a été étudiée en classe auparavant avec ces élèves. Là encore, on peut supposer qu'il existe une tendance claire à se rattacher à l'enseignement reçu. La réduction scolaire se manifeste de manière plus importante pour ce document, peut-être du fait que la structure de zones est plus complexe et sa compréhension moins évidente encore. On peut émettre l'hypothèse que plus l'élève a des difficultés à relier conceptuellement les différentes zones du document entre elles, plus il aura de difficultés à identifier le message principal, et plus il aura une tendance à se rattacher à une notion du cours qu'il a abordée avec son professeur. Cependant, notre travail ne permet pas de valider plus avant cette hypothèse.

L'idée de réduction scolaire à un thème en lien avec l'enseignement reçu préalablement trouve, en creux, un élément de confirmation dans l'analyse des réponses des étudiants de 1^{ère} année du supérieur. En effet, aucun des étudiants de l'échantillon (N=17) ne semble manifester ce premier abord scolaire dans l'analyse du document « ET ». Or, ces étudiants n'ont pas reçu d'enseignement sur ce thème au cours de l'année.

Parmi les professeurs stagiaires que nous avons interrogés sur le document « ET », seuls 2 sur 13 font allusion à la taille de la Terre et envisagent d'aborder la question avec leurs élèves.

Les propositions de travail avec les élèves que font ces futurs professeurs semblent largement inspirées par l'idée d'une exploitation des concepts au programme de la classe de 2^{nde} générale (9/13 s'expriment dans ce sens). Nous voyons là une forte représentation de la réduction scolaire.

Par ailleurs, au-delà de la seule réduction scolaire, des indices de totale désorientation apparaissent. Deux stagiaires formulent des propositions de travail totalement déconnectées du sujet. Comme nous l'avons déjà évoqué dans notre 1^{ère} partie après le travail réalisé autour des sorties muséales et conférences, certains professeurs peuvent être totalement désorientés et ne paraissent pas en mesure de proposer un travail avec les DONS à leurs élèves.

Comme nous le signalions à propos du message principal (page précédente), devant le document « Galaxies » 43% des stagiaires attribuent à l'effet Doppler le rôle de message principal. Comme pour les élèves, il existe donc une tendance à confondre le message principal et un concept présenté comme de compréhension nécessaire pour accéder au message principal. Même si l'effet Doppler n'est pas à proprement parler au programme, on peut émettre l'hypothèse, ici encore, d'une réduction scolaire, en ce sens qu'un professeur visera prioritairement des objectifs conceptuels partiels au détriment d'une compréhension plus globale. Il s'agit là d'une réduction scolaire d'un autre niveau : une tendance qui tient davantage à des habitudes culturelles et professionnelles qu'à une volonté de réinvestir strictement le programme de l'année en cours.

3.2.3. Existence d'un regard critique spontané

Présence d'une critique spontanée...

Il est frappant de constater que moins de 5% (N=128) des élèves ne formulent aucun commentaire ou aucune critique après l'étude du document « ET ». Si les commentaires très généraux (du type : « *ce dessin n'est pas très réaliste* ») sont présents (12% des élèves), ils ne constituent pas l'essentiel de la critique. Les différentes « invraisemblances » ou *éléments facilitateurs* (EF) que nous avons repérés (voir p.90) sont largement citées par les élèves, dans des proportions assez proches qui vont de 31% à 49%.

Les critiques formulées par les élèves sur le document « Galaxies » restent très générales. En effet, très peu de ces critiques se rapportent aux « invraisemblances » ou *éléments facilitateurs* (EF) que nous avons signalés (voir p.90) : 4/30 signalent que la lumière des galaxies est normalement émise dans toutes les directions et 9/30 évoquent des problèmes

d'échelle. Il semble que la complexité de ce document (notamment lié à la difficulté de relier les zones entre elles) et, par conséquent, la difficulté à identifier le message principal, n'aient pas permis à de nombreux élèves de faire des critiques conceptuelles ciblées.

Il s'avère donc que la critique conceptuelle par les élèves est possible et spontanée pour peu qu'on lui laisse le moyen de s'exprimer. Elle se présente, à travers les deux documents en cause ici, comme facilitée par celui dont le message principal s'est révélé le plus clair.

Lorsqu'on interroge explicitement les stagiaires sur le thème des invraisemblances, les critiques formulées à propos du document « ET », reprennent largement les *éléments facilitateurs* (EF) que nous avons repérés. En particulier, 7/13 disent que la taille de la Terre n'est pas réaliste et 5/13 critiquent la taille des ET par rapport à leur planète.

En l'absence de cette sollicitation, et concernant le document « Galaxies », les critiques conceptuelles sont peu nombreuses ; elles portent essentiellement sur la présentation de l'effet Doppler et des spectres de l'hydrogène. Nous relevons également que très peu (4/28) signalent une difficulté potentielle à relier les différentes zones du document entre elles. Cependant, les critiques générales s'avèrent relativement spontanées puisque seul un quart des stagiaires (N=28) ne formule aucune remarque.

Il semble donc que les professeurs (comme les élèves) sont en mesure de fournir une analyse critique du document « ET ». Une meilleure compréhension des concepts et du message principal leur permet de fournir des critiques plus conceptuelles que celles des élèves, mais cet avantage s'estompe à propos du document « Galaxies ». Enfin, nous soulignerons que très peu des professeurs interrogés envisagent de partager leur analyse avec les élèves, les concepts étant souvent jugés hors de portée de ces derniers.

...et absence de hiérarchisation.

Si l'étude du document « ET » avec les élèves a permis de montrer que ceux-ci étaient en mesure de fournir une critique d'ordre conceptuelle, il y a en revanche une absence quasi-totale de hiérarchisation des *obstacles potentiels* (OP). Moins de 5% des élèves (N=63) présentent la taille de la Terre comme l'obstacle potentiel à la compréhension le plus important. *A fortiori*, aucune hiérarchisation des EFOP ne se révèle possible dans le document « Galaxies » où le repérage des éléments facilitateurs (EF) était déjà largement absent.

Le fait que les stagiaires évoquent le plus souvent la taille de la Terre comme obstacle potentiel (associé au fait que cette critique est souvent mise en tête de liste) montre qu'il existe un début de hiérarchisation spontanée des EFOP chez les professeurs. Cependant, cette hiérarchisation n'apparaît pas dans l'analyse du document « Galaxies ». Quoiqu'il en soit, lorsque la critique conceptuelle des professeurs est opérante et que la hiérarchisation des obstacles potentiels pointe à l'horizon, cela amène les professeurs à déconseiller l'étude du document plutôt qu'à en proposer une analyse critique à leurs élèves.

3.2.4. De l'effet accrocheur à la motivation

Les élèves et la motivation

Le premier élément frappant nous vient d'une impression générale. En effet, le travail demandé aux élèves sur les documents « ET » et « Galaxies » ne semble pas les avoir surpris outre mesure. Les élèves ont réalisé ce travail consciencieusement comme s'il s'agissait d'une activité habituelle du cours de Physique. Comparativement aux séances de cours classiques, nous pouvons dire que, durant cette activité, les élèves étaient davantage concernés et concentrés.

Nous avons relevé qu'un tiers des élèves déclarent spontanément que le document « Galaxies » est intéressant. Les arguments positifs sont très divers. Sont mis en avant le choix d'un vocabulaire facile d'accès et le rôle prépondérant de l'image (au sens large).

A contrario, un autre tiers formule des critiques négatives. Là encore, on retrouve le choix du vocabulaire (jugé parfois trop compliqué ou bien pas assez scientifique). Quelques élèves (3/30) indiquent d'une façon ou d'une autre que le lien entre les différentes zones n'est pas évident.

D'autres commentaires sont moins tranchés. Alors que ses réponses montrent qu'il n'a pas compris, un élève peut tout de même dire que le document est intéressant et parfois clair. L'association intérêt/clarté peut donc se faire chez un élève alors même qu'il n'a pas réellement compris le message principal. Mais nous pouvons également relever que d'autres élèves affichent une certaine perplexité, le sujet semble avoir captivé ces élèves mais il ne leur a pas permis d'accéder à une compréhension minimale. C'est ce que semblent indiquer des commentaires du type : « *le sujet n'est pas assez approfondi* » ou « *la conclusion n'est pas très claire* ».

Il apparaît donc, que si l'effet attractif est opérant, il ne semble pas suffisant pour engendrer un gain de motivation. Notre hypothèse sur ce point est que l'effet attractif seul n'est pas un gage pour une compréhension plus aisée et pour un gain de motivation. En revanche, il nous semble utile d'explorer dans quelle mesure ces deux facteurs sont liés.

Enfin, sans avoir chiffré réellement les résultats associés à ce critère (ce n'était pas un objectif initial de cette recherche), nous avons pu faire une remarque concernant la différence d'attitude des élèves qui se destinent à des études scientifiques et les autres. Il semblerait que les élèves qui ne se destinent pas à des études scientifiques se sentent plus concernés aux cours de ces activités sur les DONS qu'au cours des séances plus classiques ; parfois on note même que ces élèves (qui peuvent être en difficulté dans la discipline) ont une très bonne compréhension du document et formulent des critiques très pertinentes. Ce constat nous conduira, dans la partie d'évaluation de nos séances de guidage (4^{ème} partie), à distinguer les réponses et les points de vues des deux catégories d'élèves évoquées.

Les professeurs et la motivation

A propos du document « ET », les avis des professeurs interrogés sont partagés quant à sa faculté à motiver les élèves pour un débat utile. L'effet accrocheur est mis en avant par des commentaires du type : « *le côté science-fiction peut plaire et aider à engager un débat sympathique* ». Un seul enseignant remarque que le caractère attractif n'est pas le gage d'une meilleure compréhension : « *Peut-être faudrait-il moins infantiliser le lecteur car cela ne permet pas de rendre le sujet plus abordable ou plus simple à comprendre* ».

Les remarques des professeurs sur le document « Galaxies » soulignent volontiers le rôle positif pour la compréhension de la présentation du document. Plus d'un tiers d'entre eux (N=28) disent que la représentation par les images des phénomènes est de nature à faciliter la compréhension des élèves. Le côté humoristique est aussi cité comme un élément facilitateur (2/28). Mais ici on ne note aucune mise en garde sur les limites du pouvoir attractif relevé pour ce document, et sur les risques de compréhension hasardeuse.

En bref, que ce soit pour les élèves ou pour les professeurs, il apparaît que, pour un document donné, la distinction entre son effet attractif et l'accessibilité des concepts en cause ne se fait pas de manière évidente, loin s'en faut. Ce sera l'un des objectifs de nos séances de guidage que de parvenir à clarifier ces aspects dans l'esprit des élèves, tout en cherchant à bénéficier de l'effet accrocheur d'un DONS comme nous l'évoquions en introduction.

Le lecteur désireux d'obtenir plus de détails chiffrés et d'exemples de citations peut entamer la lecture de la partie qui suit (3.3). On peut aussi directement se reporter à nos conclusions sur cette première approche des documents en section 4.

3.3. Les résultats de l'enquête en détail

3.3.1. De la difficulté d'identifier le message principal et premières indications d'une réduction scolaire

3.3.1.1. Perception du document « ET » par les élèves de seconde

Deux questionnaires (QE1 et QE2) ont servi de base à l'étude de ce document. Nous rappelons ici les questions posées aux élèves

Questionnaire QE1, N=66, la première année:

- Quelle donnée manque pour répondre à la question?
- A l'aide de vos connaissances, répondre à la question que se pose l'E.T.
- Que cherche à montrer ce document?
- Cette expérience vous semble-t-elle réalisable? Expliquez.
- Avez-vous des critiques à formuler concernant ce dessin?

Questionnaire QE2, N=62, la seconde année :

- Pouvez-vous répondre à la question? (Donnez un ordre de grandeur)
- Quel est l'objectif de ce document? Que veut-on nous montrer?
- Ce document comporte des détails invraisemblables. Lesquels?
- Parmi ces invraisemblances, lesquelles peuvent poser un problème par rapport à l'objectif de ce document? Expliquez.

Toutes les questions n'ayant pas donné des réponses exploitables, seules certaines réponses ont conduit à une analyse. Dans cette partie, nous nous consacrerons à l'identification du message principal par les élèves (dans une partie ultérieure, nous nous consacrerons au regard critique des élèves sur le document).

Nous avons distingué 5 catégories de réponses en lien avec l'identification du message principal pour les questions 1) et 2) du questionnaire QE2 et la question 3) du questionnaire QE1 :

1° le message est totalement incompris : l'explication donnée par l'élève est fausse du point de vue de la physique ou bien n'est pas en rapport avec le message de référence.

2° La compréhension est partielle ou bien la formulation de l'élève est ambiguë et ne permet pas d'affirmer qu'il a compris.

3° L'élève estime que l'objectif du document est le calcul de la distance E.T./Terre.

4° La réponse donnée se limite à une phrase slogan du type « voir loin, c'est voir tôt ».

5° L'explication a été jugée satisfaisante par rapport au message principal de référence.

Tableau récapitulatif des résultats :

Message non compris	15
Compréhension partielle	19
Calcul de la distance	17 + 3*
Slogan	31
Satisfaisant	46
total	128

* voir texte.

Tableau 2.2 : Réponses des élèves par catégorie sur l'identification du message principal

- À la lecture des réponses des élèves au questionnaire sur le document « ET », est qu'il n'est pas toujours aisé de repérer le message principal. 15 élèves sur 128 donnent une réponse qui montre que le message est totalement incompris comme le montrent ces exemples :

« On veut nous montrer la différence de temps entre ce qu'il y a sur Terre et les E.T. : sur Terre, c'est la préhistoire et eux semblent être dans l'avenir ».

« La disproportion entre la taille du martien et celle de la Terre »

« L'objectif de ce document est de nous montrer que, déjà à la préhistoire, on s'intéressait à savoir combien il y avait de kilomètres entre la Terre et les autres planètes ».

« Ce document veut nous montrer que les différentes planètes ont des ères différentes ».

« Ce document cherche à montrer qu'il y a sûrement une autre vie dans l'univers et qu'ils se posent tout comme nous des questions sur l'espace ».

« Ce document cherche à nous montrer quand le feu a été découvert sur la Terre ».

- 19 élèves donnent une explication qui peut être jugée pour le moins ambiguë, et qui laisse supposer que la compréhension est partielle.

Dans l'exemple de réponse qui suit, on voit que le « fait » déterminant est repéré mais qu'il n'a pas permis à l'élève de formuler le concept visé :

« Que la scène se passe en l'an 2000 sur leur planète alors que sur la Terre, on est à l'époque de la préhistoire »

D'autres exemples de compréhension partielle ou de formulation ambiguë ont pu être relevés :

« Ce document montre que la lumière et le temps sont décalés à grande distance ».

« Ce document cherche à nous montrer que des êtres vivants pourraient nous observer il y a 1,8 milliard d'années ».

« Le décalage temporel » (sans autre commentaire)

⇒ 17 élèves ont pensé que l'objectif principal du document était de déterminer la distance (par le calcul) qui sépare la planète de la Terre. Il faut y ajouter 3 autres élèves (* : recensés dans d'autres catégories) qui affirment qu'il s'agissait d'avoir « une idée de la distance » :

« Le document cherche à montrer quelle est la distance de la Terre vue d'une autre planète ».

« Ce document cherche à montrer que l'on peut obtenir des distances grâce à des connaissances de physique ».

« Le document cherche à montrer si on peut calculer une distance en évaluant la distance du télescope à la Terre ».

« Ce document montre que l'on peut calculer une distance entre deux astres spatiaux si l'on connaît l'époque où se passe ce que l'on observe ».

La mise au premier plan de l'objectif du calcul de la distance nous a semblé être largement suggérée par la situation problème présentée, laquelle se manifeste par la question finale du document « pouvez-vous répondre à la question que se pose cet extra-terrestre » ? Du coup, l'objectif principal de comprendre la notion de finitude de la vitesse de la lumière s'efface devant cet objectif. Nous y voyons une forme de manifestation de ce que nous avons appelé la réduction scolaire, qui consiste à se centrer sur un objectif scolaire, dans ce cas, le calcul formel de la distance Terre-Planète.

C'est ce constat qui nous a amené, pour la suite de ce travail, à modifier la présentation du document « ET », afin de faire disparaître la situation problème, et d'obtenir un document qui s'apparente davantage à ce que l'on peut trouver dans les revues de vulgarisation (voir 3^{ème} partie).

⇒ Enfin, et toujours concernant ce document, on a pu relever qu'un bon nombre d'élèves (31/128) présente le message principal sous la forme d'un slogan du type : « voir loin, c'est voir tôt ». On peut donc supposer que les élèves ont bien compris que le document proposé était une illustration de cette « phrase-concept »,

mais il est difficile de savoir s'ils ont conscience de l'origine du phénomène observé : ont-ils compris que le décalage temporel était liée à la grande distance et à la vitesse finie de la lumière ? Un indice permet de le mettre en doute : on a relevé le cas de 8 élèves, qui, répondant à la question 3) (Ce document comporte des détails invraisemblables. Lesquels?) se demandent comment il est possible de voir des Terriens faisant du feu alors que l'on est en l'an 2000. Ces cas, bien que peu nombreux, nous montrent qu'un élève peut totalement passer à côté du message.

⇒ Au total, 35% des élèves (46/128) ont donné une explication jugée satisfaisante et qui dépasse la simple phrase slogan, on atteint un score de 77/128 si l'on y ajoute ceux qui se contentent de la phrase slogan. Ceci peut être jugé comme un résultat relativement faible après enseignement pour un document censé faciliter la compréhension du concept.

L'étude du document « Galaxies » dont l'exposé suit avait pour objectif de savoir si, à propos d'un document plus complexe, se manifestait également la difficulté d'identifier le message principal et si, là encore, on percevait la présence d'une réduction scolaire.

3.3.1.2. Perception du document « Galaxies » par les élèves de seconde

Nous rappelons que le questionnaire QE3 présenté aux élèves et portant sur le document « Galaxies » a évolué en questionnaire QE4 l'année suivante. De ce fait, l'analyse des réponses sera, pour ce cas, présentée en deux étapes.

Questionnaire QE3, rappel des questions :

- ❖ Que cherche à mettre en évidence ce document ?
- ❖ Sur quelles propriétés repose la démonstration ?
- ❖ Que représentent « les petites vagues » dans l'encadré de droite ?
- ❖ En quoi le schéma en bas à gauche ne représente-t-il pas la réalité ?
- ❖ Résumez en une phrase ce que vous avez compris de cette explication.

Dans cette partie, nous analyserons spécifiquement les réponses aux questions 1), 2) et 5). Les questions 3) et 4) n'ayant pas révélé d'informations exploitables (car ne permettant pas d'éclairer les points étudiés), elles ne donneront pas lieu à une analyse détaillée.

Contrairement à l'analyse des réponses du document « ET », il n'a pas été possible ici d'identifier des catégories aussi marquées et indépendantes. En effet, un même élève peut exprimer dans une même explication plusieurs idées fortes que nous avons retenues. Par conséquent, dans cette présentation, *les chiffres entre parenthèses donnent le nombre d'élèves qui expriment une idée similaire à celle évoquée (N=32), sans qu'il s'agisse de catégories exclusives.*

Rappelons que, de notre point de vue, le message principal censé être véhiculé par le document est exprimé par sa conclusion : « Les galaxies rougissent parce qu'elles semblent nous fuir ». Autrement dit, on observe un décalage vers le rouge de la lumière émise par la

galaxie parce que ces galaxies s'éloignent de nous. C'est ce que nous choisirons comme message principal de référence. Dans le dossier, dont cette double page fait partie, cela était présenté comme l'une des preuves de l'expansion de l'univers et donc comme un pilier de la théorie du Big Bang.

Question 1 : Que cherche à mettre en évidence ce document ?

- Une petite moitié (14) des élèves ont une perception partielle de l'explication : certains comprennent que le document cherche à nous faire comprendre la fuite des galaxies (2) ou que les galaxies sont en mouvement (3) et/ou que les galaxies rougissent (4), ou encore que leur lumière se décale vers le rouge (5). Mais le lien formel, décalage \Leftrightarrow déplacement, n'est jamais exprimé clairement pour cette catégorie d'élèves.
- Un quart des élèves formule une explication qui s'éloigne nettement du message principal de référence ou qui n'exprime qu'un élément de l'explication fournie :
 - 1) *"les spectres sont différents au labo et dans la réalité" (1)*
 - 2) *"les spectres sont différents au labo et avec le télescope" (2)*
 - 3) *"le spectre change si la source est en mouvement" (1)*
 - 4) *"le spectre est différent à une distance différente" (3)*
 - 5) *"la raie noire du spectre de l'hydrogène n'est pas au même endroit"(1)*
- 9 élèves formulent clairement que la compréhension du phénomène de l'effet Doppler représente le message principal.

On distingue ici une confusion entre l'objectif visé par le message principal, et la compréhension d'un concept (l'effet Doppler) comme moyen pour parvenir à cet objectif. Nous pouvons y voir une autre forme de réduction scolaire. Il n'y a pas ici de calcul formel à mettre en œuvre, mais l'acquisition du concept nécessaire à la compréhension du message prime, dans l'esprit des élèves, sur le message lui-même. Il sera intéressant de relever l'attitude des professeurs par rapport à ce point.

Il y a souvent une tentative d'expliquer l'effet Doppler, et l'on peut constater à ce stade que le « décalage Doppler » est souvent relié à la distance et non à la vitesse relative de la source par rapport à l'observateur comme cela devrait être le cas. Sur ce point, le message est donc très mal compris. C'est une partie du message que nous tenterons d'éclaircir avec les élèves dans nos séances de guidage.

- Seuls 5 élèves semblent identifier l'objectif principal du document.

Ces élèves formulent d'une façon plus ou moins claire que le décalage vers le rouge des galaxies est associé au déplacement de ces galaxies comme le montre cet exemple de réponse :

« Le document nous informe que plus les galaxies rougissent plus il nous semble qu'elles s'éloignent de nous ».

Question 2 : Sur quelles propriétés repose la démonstration ?

Parmi des réponses très variées, on note les faits suivants :

- 5 élèves ne répondent pas à la question.
- Au total 16 élèves (soit la moitié) expriment que les points déterminants de l'argumentation sont liés aux spectres d'absorption de l'hydrogène, mais ils ne font pas le lien avec l'effet Doppler. On relève par exemple les réponses suivantes :

« Le spectre d'absorption de la lumière, ses caractéristiques qui permettent une analyse d'un corps : une espèce chimique n'a qu'un seul spectre d'absorption propre à elle-même ».

« Le spectre de la lumière blanche ; spectre d'absorption ou d'émission ; composition de l'hydrogène ».

« L'absorption de la lumière par l'hydrogène ».

- ⇒ 5 élèves citent la distance comme un élément sur lequel repose la démonstration parfois en la reliant à l'effet Doppler.

Exemple :

« Plus on est loin, plus les spectres changent ».

Question 5 : Résumez en une phrase ce que vous avez compris de cette explication ?

La conclusion des élèves est loin d'être claire:

- ⇒ « *Les galaxies s'éloignent de nous* » est la conclusion reprise par 5 élèves. La compréhension se limite donc pour ces élèves à la conclusion du document et donc à l'acquisition d'une partie du message principal.

- ⇒ Un bon nombre (16) tente d'expliquer l'effet Doppler avec plus ou moins de succès :

- « *la longueur d'onde varie si la source se déplace* » (1)
- « *le spectre est modifié quand la source de lumière bouge* » (2)
- « *le spectre d'une galaxie varie car la fréquence varie* » (1)
- « *la longueur d'onde change avec la **distance*** » (2)
- « *le spectre tire vers le rouge avec la **distance*** » (1)
- « *la lumière des galaxies varie en fonction du **lieu** d'où provient la lumière qui les éclaire* » (1)
- « *la source de lumière varie selon la **distance*** » (1)
- « *en comparant les spectres on peut déterminer leur **distance*** » (1)
- « *la lumière diffère avec la **distance*** » (2)
- « *le spectre change avec la **distance*** » (2)
- « *le spectre est différent car les ondes se déforment* » (1)
- « *quand les ondes se rapprochent l'une de l'autre, le spectre se décale* » (1)

Parmi eux, on notera que 10/16 expriment l'idée de « distance » associée à l'effet Doppler. Ce fait corrobore les résultats obtenus à la première question et laisse penser que la présentation du document est probablement responsable de l'association – apparemment exclusive - faite par les élèves entre l'effet Doppler et la distance.

Force est de constater que le document est assez mal compris. La compréhension de l'effet Doppler est partielle et le lien entre spectres d'absorption, décalage vers le rouge et fuite des galaxies est loin d'être évident puisque aucun des élèves n'associe ces trois points dans son explication finale.

On peut, par ailleurs, émettre l'hypothèse que les informations nouvelles ont tendance à parasiter le message principal et à focaliser l'attention comme le montrent ces exemples :

- « la longueur d'onde augmente quand la fréquence diminue » (1)
- « la longueur d'onde change avec la distance » (2)

La longueur d'onde et la fréquence sont des notions méconnues des élèves. En effet, le programme de seconde générale présente la longueur d'onde uniquement comme étant un point de repère dans le spectre de la lumière, sans aucun autre apport conceptuel. Le fait de faire appel à la longueur d'onde dans le document, sans expliciter les notions associées semble ici poser problème.

A l'opposé, on remarque aussi qu'un bon nombre d'élèves se centre, pour cette question finale, sur les spectres. On peut éventuellement y voir une volonté de rattachement à quelque chose de connu puisque l'analyse spectrale a fait l'objet d'un enseignement préalable.

Afin de préciser ce qui, dans ce document, perturbe les élèves et fait écran au message principal et, au contraire ce qui peut les aider à mieux le cerner, nous avons réalisé une modification du questionnaire l'année suivante.

Rappel des questions (questionnaire QE4) :

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Quel message principal ce document est-il censé vous transmettre ?• Quelles idées précises devriez-vous comprendre grâce à ce document ? <p>Au niveau du message principal :</p> <p>Sur d'autres idées intéressantes :</p> <ul style="list-style-type: none">• Quelles sont les parties de ce document qui vous aident particulièrement bien à comprendre ? Détaillez.• Quelles sont les parties qui vous semblent particulièrement difficiles, confuses ou critiquables ? Détaillez.• Si vous étiez le dessinateur, est-ce que vous changeriez quelque chose ? Quoi et pourquoi ?• Donnez un avis général sur ce document. |
|---|

Seules les questions 1) et 2) sont analysées dans cette partie (N=30). Les autres questions seront développées dans la partie suivante qui concerne l'approche critique du document.

Question 1 : Quel message ce document est-il censé vous transmettre ?

- On note que 10 élèves (soit 1/3, comme pour le questionnaire QE3) ont compris que l'objectif du document était de mettre en évidence la fuite des galaxies.

Exemples :

« Le message principal transmis par ce document est que les galaxies rougissent parce qu'elles nous fuient ».

« Le message principal de ce document est que la lumière peut se décaler vers le rouge pour les galaxies à cause de leur éloignement ».

- 13 élèves pensent qu'il s'agit de comprendre l'effet Doppler. Ils ne voient pas que la compréhension de ce phénomène est un moyen d'apporter « une preuve » que les galaxies s'éloignent de nous.

Exemples :

« On peut savoir qu'un objet lumineux s'écarte de nous ou se rapproche de nous grâce à son spectre ».

« Que l'effet Doppler-Fizeau modifie le spectre de la lumière ».

- 7 élèves sont particulièrement éloignés du sujet (notamment beaucoup d'entre eux pensent qu'il s'agit d'étudier les spectres).

Exemples :

« Le spectre d'une galaxie à une autre peut changer par un nuage d'hydrogène différent ».

« Le document veut nous dire que, pour des cas différents d'une même lumière, l'on obtient des spectres différents ».

« Ce document nous renseigne d'où provient la lumière rouge ».

« Le message principal de ce document est de montrer comment un télescope peut trouver la fiche d'identité de la lumière d'une galaxie et son spectre ».

On remarque que les deux tiers des élèves ont des difficultés à cerner l'objectif principal. L'apparente facilité d'accès semble donc être un leurre. L'incompréhension totale concerne un quart d'entre eux, alors que près de la moitié cible l'effet Doppler comme objectif principal. On peut y voir une confirmation de la tendance à confondre l'objectif et la ressource conceptuelle qui permet d'atteindre cet objectif.

Concernant les élèves qui se centrent sur les spectres, on peut voir dans ce fait une forme de réduction scolaire car c'est ce thème qui rattache ce document au contenu du programme de la classe de 2^{nde}. Les élèves cherchent ici à réinvestir les connaissances acquises quelques semaines plus tôt. Ils ne discernent pas que l'étude des spectres est un moyen de parvenir à un objectif plus ambitieux, autrement dit que l'analyse spectrale n'est qu'un élément de la démonstration.

Question 2 : Quelles idées précises devriez-vous comprendre grâce à ce document ?

Première partie :

Au niveau du message principal ?

- 2 élèves n'ont pas répondu.
- L'effet Doppler est perçu par la majorité des élèves comme l'idée qui doit être comprise à travers ce document (19 élèves).

- Parmi eux, 10 semblent avoir compris le concept, à en croire leur réponse qui, parfois paraphrase le texte :

« Plus la source lumineuse s'éloigne, plus le spectre émis vire vers le rouge ».

« Une source d'onde en mouvement déforme les ondes qu'elle émet : c'est l'effet Doppler-Fizeau ».

- 4 présentent une explication très confuse (avec parfois une part de l'explication correcte et une autre fausse) :

« Lorsque le spectre de la lumière d'une galaxie rencontre une nuage d'hydrogène alors son spectre est déporté vers le rouge. Et donc la longueur d'onde augmente, se décale vers le rouge ce qui nous fait penser que la lumière (la galaxie) fuit, donc les rayons s'espacent ».

« L'effet Doppler-Fizeau déforme les ondes qu'une source émet. Ce qui produit une augmentation de la longueur d'onde qui va donc se décaler vers le rouge. Mais il faut être loin de la source pour qu'on ait cette impression de fuite ».

- 5 élèves ont compris que le décalage vers le rouge est lié à la distance.

La dernière phrase de l'exemple précédent le laisse entendre clairement :

«... Mais il faut être loin de la source pour qu'on ait cette impression de fuite ».

Autre exemple illustrant cette compréhension hasardeuse :

« Les galaxies semblent rougir puisque plus elles sont loin plus la longueur d'onde augmente et plus la lumière tend vers le rouge ».

- 9 élèves expriment que l'élément déterminant est la compréhension de l'analyse des spectres d'absorption, ceci sous des formes très variées :

« Même si on fait passer la lumière de deux objets différents à travers un même nuage d'hydrogène, le spectre obtenu sera différent ».

« A partir d'un télescope, on peut trouver l'identité de la lumière d'une galaxie et son spectre ».

« La couleur dépend de la longueur d'onde ».

« On devrait comprendre comment les bandes des spectres lumineux sont remplacées par des raies noires ».

- Ces deux idées, effet Doppler et spectres, sont parfois évoquées ensemble mais pas forcément reliées conceptuellement. Nous avons relevé 5 cas de ce type dont ceux qui suivent :

« Au niveau du messages principal, j'ai bien compris en quoi consistait l'effet Doppler. J'ai aussi compris les tests faits au labo (ce sont pratiquement les mêmes que ceux que l'on a fait) ».

« Le spectre de la lumière change en fonction du milieu dans lequel on le photographie. Plus la galaxie s'approche plus la longueur d'onde raccourcie et plus la galaxie s'éloigne, plus la longueur d'onde augmente ».

- 8 élèves (déjà comptabilisés dans les catégories précédentes) manifestent une difficulté à relier les différentes zones du document entre elles.

Exemple :

« La fréquence de la lumière varie suivant les galaxies. Le spectre ne dépend pas uniquement des nuages traversés par la lumière. La fuite des galaxies, même si cela me semble un peu flou ».

Cet exemple nous semble assez évocateur de la difficulté de relier les zones entre elles. En effet, la première phrase « *La fréquence de la lumière varie suivant les galaxies* » fait référence à l'encart de la page de droite censé expliquer l'effet Doppler. La seconde phrase « *Le spectre ne dépend pas uniquement des nuages traversés par la lumière* » fait référence à la partie centrale du document, mais rien ne relie conceptuellement ces deux premières phrases. Enfin, la dernière phrase « *La fuite des galaxies...* » reprend la conclusion mais n'est rattachée ni à la première ni à la seconde phrase et les liens conceptuels ne semble pas établis chez cet élève, comme tend à le confirmer sa propre conclusion : « *... même si cela me semble un peu flou* ».

Question 2 : Quelles idées précises devriez-vous comprendre grâce à ce document ?

Seconde partie :

Sur d'autres idées intéressantes ?

- 3 élèves n'ont pas répondu.
- 5 élèves évoquent l'analyse spectrale comme idée secondaire alors qu'ils avaient retenu comme élément premier la compréhension l'effet Doppler :

« Que l'hydrogène gazeux produit un spectre d'absorption de raies. Que chaque spectre d'absorption de raies est propre à une espèce chimique, qu'elle est infalsifiable et unique ».

« Lorsque des couleurs sont absorbées par un gaz alors le spectre obtenu est le spectre d'absorption ».

« Le spectre de la lumière provenant d'une galaxie varie suivant la composition des nuages que traverse cette lumière ».

- Près de la moitié des élèves (13) citent l'effet Doppler comme idée secondaire (ceux qui ne l'avaient pas citée dans la première partie, ou d'autres qui reformulent la même idée que celle développée dans la première partie). L'explication est donnée avec plus ou moins de détails et plus ou moins de succès :

« Une longueur d'onde sera perçue différemment par un individu en fonction de sa distance. Les spectres des galaxies ne sont pas identiques à ceux de ces mêmes galaxies réalisés sur Terre. Ils sont tous plus décalés vers le rouge ».

« Comment les ondes envoyées par la lumière se déforment lorsqu'elles sont en mouvement ».

- Au total, 12 élèves associent l'effet Doppler à la distance dans les réponses aux différentes questions.

- D'autres élèves reformulent l'idée de fuite des galaxies :

« Les galaxies semblent nous fuir car leur lumière vire vers le rouge ».

« Les galaxies rougissent en nous fuyant ».

- 3 élèves mettent en avant l'analogie avec le son comme idée secondaire à retenir.

Exemples :

« Que l'effet Doppler-Fizeau agit aussi sur les ondes sonores. Exemple : sirène de pompier en mouvement ».

« ...la vérification que l'on pouvait faire de l'effet Doppler-Fizeau en écoutant passer une voiture m'a semblée claire ; j'ai bien compris ».

Cette analogie censée faciliter la compréhension est citée par peu d'élèves à ce stade. L'objectif de facilitation du concepteur n'est manifestement pas atteint, ici.

- Enfin, on notera le cas d'un élève qui indique que la perception diffère avec une même source : *« Deux personnes ne voient pas forcément la même chose pour une même source de lumière »*. Ce qui est remarquable dans cette expression, c'est la projection que peut faire l'élève de l'effet Doppler. En effet, l'élève en question imagine une conséquence possible à partir de ce qu'il a compris de l'effet Doppler et qui n'est pas en rapport direct avec le message principal. L'étude de DONS en classe peut donc donner naissance à des débats riches conceptuellement.

A l'examen de ces résultats, on constate qu'il n'est pas évident pour les élèves de cibler quel est l'objectif du document, quels concepts il est important de comprendre pour parvenir à cet objectif, et ce qui est intéressant mais n'est qu'un élément de la démonstration et ne constitue pas un objectif en soi.

- Finalement, seuls 4 élèves sur 30 ont un enchaînement de réponses qui peut se résumer par :

L'objectif principal est de comprendre que « les galaxies rougissent car elles nous fuient » ; C'est d'abord en comprenant l'effet Doppler que l'on comprend pourquoi « elles rougissent » ; C'est ensuite, et aussi, en analysant les spectres que l'on peut mettre en évidence l'effet Doppler sur les galaxies.

En comparaison avec le document « ET », ce document présente une lecture beaucoup plus complexe. Il semblerait que la difficulté de relier les différentes zones du document entre elles, d'un point de vue conceptuel, soit l'une des causes du fait que les élèves peinent à accéder à une compréhension un tant soit peu cohérente.

Ce second questionnaire a permis d'obtenir des confirmations sur les points suivants:

Le message principal n'est pas repéré facilement. On retrouve l'obstacle lié à une certaine réduction scolaire.

Nous proposons ici, de présenter de façon synthétique, un recensement du nombre d'occurrences qui se manifestent chez les élèves en fonction des catégories qui nous semblent particulièrement spécifiques au travail sur les DONS dans la classe, ceci pour chaque document envisagé jusqu'ici.

	Doc. « ET » N=128	Doc. « Galaxies » N=62 (part des 128)
Difficultés à identifier le message principal.	51 (40%)	47 (76%)
Présence d'une réduction scolaire.	17 (13%)	27 (44%)

Tableau 2.3 : Synthèse des réponses des élèves sur l'identification du message principal et la présence d'une réduction scolaire pour les deux documents « ET » et « Galaxies ».

On peut constater sans mal, que la structure de zones relativement complexe du document « Galaxies » coïncide ici avec une plus difficile identification du message principal et aussi avec une réduction scolaire plus importante. Peut-être doit-on voir là, de la part des élèves, une volonté de se rattacher davantage à un contenu scolaire lorsque les subtilités du message leur échappent.

Plus spécifiquement, le document « Galaxies » a permis de mettre en évidence la difficulté de relier les zones entre elles et comment, dans ce contexte, une facilité pouvait induire un raisonnement erroné (ou pour le moins ambiguë au niveau conceptuel), en l'occurrence une association implicitement exclusive entre l'effet Doppler et la distance.

	Doc. « Galaxies » N=62
Difficultés à relier les zones entre elles.	53 (85%)
Association « Doppler-distance »	22 (35%)

Tableau 2.4 : Difficultés des élèves sur le document « Galaxies » pour les thèmes de « liens entre les zones » et d' « association Doppler-distance ».

A propos de l'association « Doppler-distance », le score (35%) est déjà relativement important mais il faut signaler que seuls les élèves ayant identifié et compris au moins en partie l'encadré sur l'effet Doppler s'expriment sur ce point. Il sera intéressant lors de nos séances de guidage de voir comment se positionnent les autres élèves, et combien font réellement la distinction, en matière de facteur décisif, entre la vitesse de déplacement et distance par rapport à la source.

En résumé pour ces deux documents « ET » et « Galaxies » :

- Les élèves n'identifient pas facilement le message principal censé être véhiculé par ces documents.
- On peut observer une forme de **réduction scolaire**, c'est-à-dire, une tendance de l'élève à rechercher un lien avec l'enseignement qu'il a reçu et ce au détriment du repérage voire de la compréhension du message principal.
- La présence de liens multiples et complexes entre les différentes zones du document « Galaxies » semble, pour le moins, ne pas faciliter le repérage du message principal. La difficulté à relier ces zones entre elles semble également être un obstacle à la compréhension des concepts abordés dans chaque zone.

3.3.1.3. Compréhension du document « ET » des étudiants de première année du supérieur

Pour les étudiants de première année du supérieur, seul le document « ET » a donné lieu à une investigation sous la forme de courts entretiens. Il s'agit d'ailleurs là d'un travail qui a servi d'amorce à toute l'étude présentée ici. Les entretiens ont été précédés d'un petit questionnaire qui sert de point de départ à la discussion (voir la retranscription intégrale de ces entretiens en annexe III.2 p. 352). Dans cette phase exploratoire, nous avons la volonté d'élargir quelque peu le public auquel peut éventuellement se destiner un travail sur les DONS. Les informations glanées lors de ces entretiens sont de deux natures : d'une part ils permettent de savoir si le niveau des élèves est un paramètre important de l'approche d'un DONS, et d'autre part, ils permettent d'obtenir quelques éléments sur la progression individuelle que peut avoir un étudiant dans l'analyse critique d'un DONS.

Les questions posées en préambule étaient :

- 1) Quelle vous semble être l'intention de celui qui propose ce document, c'est à dire quel est le message que ce document doit permettre de transmettre ?
- 2) Ce document présente des invraisemblances. Indiquez celles qui, selon vous, peuvent avoir des conséquences pour la compréhension ...
 - ...du message principal ?
 - ... d'autres aspects ?

L'analyse des réponses à la question 2) et les entretiens qui en découlent seront analysés dans la partie 2.3 relative au regard critique sur le document.

Pour ces étudiants, le message ne semble pas plus évident que pour les élèves de seconde.

- 10 étudiants sur 17 expriment une compréhension très éloignée du message principal.

« La distance est relative à l'appareil avec laquelle on la mesure ».

« L'extra terrestre qui ne pense pas dit que les terriens sont très poilus et qu'ils essaient de faire du feu. Or la scène se passe en l'an 2000. On peut dire que celui qui propose ce document a l'intention de nous faire parvenir le fait que les terriens ont encore beaucoup de choses à découvrir sur le plan de l'univers ».

Même en demandant à l'étudiant de s'expliquer, il n'est pas aisé de parvenir à faire exprimer le message sans le lui reformuler comme le montre cet extrait d'entretien :

- « Alors vous trouvez que, le message, c'est que, la distance, c'est relatif à l'appareil avec laquelle on la mesure ?

- *On a deux personnes qui sont l'un à côté de l'autre et ils ne voient pas la même chose, parce qu'ils n'utilisent pas le même appareil.*
- *Ah, vous pensez que c'est ça qui compte ? Pas le même appareil... Bon, et quel rapport avec le titre, par exemple...là, le titre, c'est « une image en différé »... ; ça veut dire quoi « différé » ?*
- *Il est.... « différente ».*
- *Ah, qu'elles sont différentes ?*
- *... pas à la même échelle.....*
- *En fait ce n'est pas « différentes », c'est qu'elles sont différées dans le temps, c'est ça que ça veut dire, hein, donc il y a du temps là-dedans, c'est un problème de temps...et comment il est marqué là, le problème de temps ?*
- *Ah oui, on est soi disant en l'an 2000 et ils voient des Terriens qui sont poilus et qui font du feu, donc ».*

Un autre extrait d'entretien alimente notre analyse :

- *« On pourrait croire qu'ils voient les terriens à l'époque préhistorique et donc, par ce message, l'auteur fait parvenir le message que les terriens ont encore beaucoup de chose à apprendre sur... encore des choses à découvrir dans l'Univers.*
- *Bon. Vous avez vu le titre : « une image en différé », ça veut dire quoi ?*
- *Dans le temps.*
- *Bon.*
- *Alors le message, c'est qu'effectivement l'image est décalée dans le temps, bon*
- *Est-ce que il y a des invraisemblances de ce point de vue-là ? dans l'image ?*

Silence

- *Alors voyez, j'ai classé en deux aspects, les invraisemblances qui seraient connectées à l'idée même de l'image et puis d'autres qui sont sans conséquences.*
- *Pour expliquer qu'effectivement on voit dans le passé, comme on dit souvent, est-ce qu'il y a là quelque chose qui est problématique dans le document ?*
- *Moi ce qui m'intrigue, en fait, c'est la scène qui se passe en l'an 2000, je n'arrive pas, et euh...*

- Ils sont en l'an 2000 et ils voient quelque chose qui est la guerre du feu. Vous avez du mal à comprendre ça ?

Silence

- C'est possible ?

- Ben, ben non, en 2000, ils essaient de faire du feu mais le feu, on l'a déjà, on n'essaie pas de le faire...

- Sur la Terre. Mais ce qu'on voit de la Terre c'est quelque chose qui...

- Ce qu'on voit, nous, de la Terre...

- Oui, là on n'est pas sur Terre, les martiens, ils voient quelque chose qui était sur la Terre... bien avant ! Comment ça se fait qu'ils voient... ?

- Le fait que l'image mette 2000 ans à peu près, plus !

- La lumière met du temps à parvenir...et combien de temps vous croyez qu'elle met cette ...pour parvenir ?

- Ben, plus de 2000 ans, en fait des millions d'années.

*- Enfin, le temps qui nous sépare de la guerre du feu
Bien. Mettons un million d'années. Ça fait un peu beaucoup, mais bon.
Est-ce qu'il y aurait quelque chose de gênant dans ce document...qui ne va pas bien avec cette idée ?*

Silence...

- Ca voudrait dire que la vitesse de la lumière est très faible.

- Oui pourquoi ?

- Parce qu'elle mettrait beaucoup de temps à parcourir la distance ».

Cette petite enquête a permis d'observer que ce niveau d'étude (et au passage une plus grande maturité) ne permet pas de manière évidente de repérer le message principal. Autrement dit, le niveau scolaire des élèves, du moins dans la plage de la seconde à la première année du supérieur, ne peut expliquer à lui seul les difficultés que rencontrent les élèves lors du travail sur un DONS.

Par contre, pour ces étudiants, la présence d'une réduction scolaire est peu évidente, et ce travail n'a pas conduit à la détecter de manière significative. Ceci est

peut-être dû, au moins en partie, au fait que le concept abordé dans ce document n'est pas en lien direct avec l'enseignement délivré à ces étudiants.

L'autre information que nous pouvons retenir de ces entretiens est, qu'il est possible, au prix d'un questionnement judicieusement guidé, d'amener l'étudiant à une meilleure compréhension du message principal et à exercer une analyse critique.

3.3.1.4. Approche du document « ET » par de futurs professeurs

Des étudiants de licence se destinant au professorat (QP1, N=13 ; voir annexe III.3.a. p. 389 ; « futurs professeurs » sans certitude de le devenir) ont été interrogés sur le document « ET ». Le questionnement était orienté vers la critique et l'utilisation du document en classe, mais dans cette partie nous nous consacrerons à l'analyse de la question 2) pour nous intéresser au message principal, le reste des questions sera analysé ultérieurement dans l'approche critique du document.

Rappel des questions :

- Considérez-vous que ce document soit de nature à motiver les élèves pour un débat utile ? Expliquez votre point de vue.
- Quelles questions poseriez-vous aux élèves pour orienter et enrichir le débat ?
- Ce document comporte des invraisemblances. Indiquez celles qui, selon vous, peuvent avoir des conséquences pour la compréhension du...
 - a)... « message » principal :
 - b)... d'autres aspects :
- Au sujet de ces éventuelles invraisemblances, peut-on justifier le choix du dessinateur (si oui, comment ?) ?
- Si vous étiez le concepteur de l'image, feriez-vous le(s) même(s) choix ? Expliquez votre point de vue.
- Pour élargir le champ d'application de la réflexion amorcée par ce document, pouvez-vous suggérer des situations qui se rapprochent, du point de vue conceptuel, de celle présentée ici, et qui pourraient être analysées avec les élèves à la suite de celle-ci ?
- Autres commentaires ?

L'analyse des réponses à la question 2) permet en effet de tester l'éventuelle présence d'une réduction scolaire des futurs professeurs. En effet, les questions qu'ils peuvent éventuellement poser aux élèves sont un bon moyen pour déterminer quelle orientation les professeurs sont susceptibles de donner à un travail en classe sur un DONS.

Comme chaque futur professeur pouvait suggérer plusieurs questions, nous avons dénombré les questions posées sous quatre catégories :

- 1) Questions évoquant la taille de la Terre
- 2) Questions en rapport avec le calcul de la distance
- 3) Questions qui visent la compréhension de la notion d'année-lumière

- 4) Questions en lien avec le programme, notamment la compréhension de message principal (l'association distance/décalage temporel/ vitesse de la lumière)
- Seulement 2 futurs professeurs font allusion à la taille de la Terre dans les questions qu'ils poseraient aux élèves :

« On pourrait considérer les planètes de volume égal et discuter à nouveau sur la distance séparant les planètes ».

« La Terre aurait-elle dû être représentée de cette taille ? ».

- Près de la moitié (6) des futurs professeurs pose une question en rapport avec le calcul de la distance Terre-Planète :

« Connaissant la vitesse de la lumière, pouvez-vous calculer la distance Terre-Planète ? ».

« Comment s'y prend-t-on pour calculer la distance Terre-Soleil ? Terre-Lune ? ».

- De même, plusieurs questions proposées font allusion à la compréhension de la notion d'année-lumière (3), ou bien aux notions du programme, avec entre autres, la compréhension du message principal, lui-même au programme (6).

Mêmes si certaines de ces questions peuvent s'avérer pertinentes pour l'étude de ce document dans la classe, on distingue, même sur un si petit effectif, une nette disproportion entre les questions qui se rapportent à un objectif scolaire et les questions qui visent des objectifs critiques :

« J'essayerais d'orienter les élèves sur la notion d'année-lumière. De voir s'ils en ont déjà entendu parler ou s'ils ne voient pas le rapport entre la distance et le temps ».

« Qu'est-ce qu'une année-lumière ? Pourquoi s'en sert-on pour les distances alors qu'a priori c'est un temps ? ».

« Quelles notions vont être abordées ? ».

« Pourquoi les ET voient-ils les hommes dans le passé alors que l'on est en l'an 2000 ? ».

- Enfin signalons le cas d'un futur professeur qui se dit ne pas inspiré et qui n'a donc aucune question spontanée, et celui d'un autre qui formule deux questions totalement déconnectées du propos :

- « - Pourquoi quand on va sur la Lune, on flotte ?
 - Quelle est la valeur de la pesanteur sur la Lune ? »

Ces deux cas nous amènent à penser que l'utilisation d'un DONS en classe peut s'avérer déroutante pour les futurs professeurs. Nous pouvons y voir, peut-être, une autre forme de réduction scolaire, en ce sens que certains de ces futurs professeurs ne sont pas en mesure d'imaginer un enseignement incorporant l'étude des DONS en classe et, n'ayant jamais été confrontés à une situation similaire, ils auraient une tendance à ignorer les DONS et à n'envisager qu'un enseignement « classique ».

3.3.1.5. Approche du document Galaxies par des professeurs stagiaires

Concernant la perception du message principal, nous avons uniquement questionné un groupe de professeur sur le document « Galaxies » (QP3, N=28 voir annexe III.5. p. 395). On peut supposer sans mal que les professeurs n'auront pas de mal à distinguer le message principal pour le document « ET », mais en est-il de même pour notre document « Galaxies » avec sa structure de zone plus complexe ?

Rappel des Questions :

- 1) Selon vous, quel message principal ce document est-il censé véhiculer ?
- 2) Estimez-vous que ce document est efficace pour transmettre ce message ?
 - a) Oui, par quels aspects particulièrement ? Expliquez.
 - b) Non, en quoi et pourquoi ? (quel aspect, quelle difficulté attendue ?)
- 3) Comment et pourquoi modifieriez-vous cette image ?
 (Spécifiez pour quels publics et usages : tout public, lecteurs de revue, élèves de...)

Dans cette partie, nous analyserons les réponses à la question 1). Les Questions 2) et 3) relatives à l'approche critique du document seront traitées dans la partie 2.3.

Question 1 :

Selon vous, quel message principal ce document est-il censé véhiculer ?

- Une majorité des stagiaires pense que le but du document est de comprendre l'effet Doppler (12) et parmi eux, certains pensent que l'éloignement des galaxies est un moyen d'illustrer cet effet (5). 2 stagiaires ajoutent la spectroscopie aux les objectifs principaux.

« Il existe un phénomène dont la manifestation est le décalage vers le rouge des galaxies ».

« Vulgariser l'effet Doppler appliqué à l'astrophysique ».

« Une source en mouvement déforme les ondes qu'elle émet ; c'est l'effet Doppler ».

« Sensibilisation à la spectroscopie et à l'effet Doppler ».

« Application à la recherche sur l'interprétation des spectres des étoiles ».

- 9 stagiaires pensent qu'il s'agit de comprendre que les galaxies s'éloignent ou de mettre en évidence l'expansion de l'univers. Ce qui est en accord avec le message principal de référence.

« Mouvement des galaxies et expansion de l'univers ».

« L'expansion de l'univers expliqué par l'effet Doppler ».

Comme on peut le constater, les stagiaires citent davantage l'effet Doppler comme objectif principal que l'expansion de l'univers : il y a une inversion par rapport au message de référence entre l'objectif et le concept qu'il est essentiel d'avoir compris pour atteindre cet objectif. On peut émettre l'hypothèse d'une « réduction scolaire » qui amène enseignants et élèves à viser des objectifs conceptuels et/ou opérationnels. Il sera intéressant de voir si les professeurs sont critiques vis-à-vis de la présentation qui est faite de l'effet Doppler.

3.3.1.6. Conclusion sur ces deux documents à propos du message principal

A l'issue de cette première analyse, nous retiendrons quelques idées qui en émergent, tant au niveau des élèves de seconde, que des étudiants du supérieur, ou même des professeurs stagiaires.

D'abord, le repérage du message principal n'est pas une évidence malgré l'apparente facilité d'accès de ces documents. On observe en effet, une tendance à confondre l'objectif principal et les concepts abordés dans le document qui sont présentés pour appuyer le message.

On notera ensuite, sur la base, il est vrai, d'un seul document, que cette difficulté est accrue, pour les élèves, dans un cas où plusieurs zones se révèlent difficiles à relier entre elles. Les différents concepts abordés ne s'emboîtent pas si aisément pour parvenir à une synthèse du message principal.

Il existe notamment une forme de réduction scolaire qui consiste à se centrer sur des objectifs purement conceptuels (ou de calcul formel) au détriment de la synthèse du message principal. Cette réduction se manifeste aussi bien chez les élèves que chez les professeurs. Si elle paraît presque naturelle pour ces derniers, étant entendu qu'il semble légitime pour le professeur de faire acquérir ou de consolider des concepts, elle paraît plus surprenante de la part des élèves. Ceux-ci cherchent souvent à trouver une justification au

travail qui leur est proposé, en le rattachant à ce qu'ils ont étudié avec leur professeur. Comme si, à l'école, on ne pouvait faire que du scolaire (au sens habituel de ce terme).

Enfin, la maturité et le niveau d'étude des élèves ne sauraient à elles seules expliquer les difficultés qu'ils rencontrent, du moins dans la plage explorée. Par conséquent l'argument qui, pour le professeur, consisterait à dire que le document n'est pas adapté à ses élèves ne nous semble pas suffisant. Or, notons que c'est un argument qui a maintes fois été avancé lors de notre recherche préalable avec les sorties muséales. Il faut d'ailleurs reconnaître que les concepteurs de ces DONS ne ciblent pas un âge ou un niveau scolaire en particulier mais plutôt, un groupe de publics potentiels le plus large possible. Il convient donc de s'interroger sur ce que le professeur peut faire avec ces DONS en classe, et plus exactement, ce qu'il peut apporter de plus par rapport à une lecture « isolée ». C'est là, qu'à notre sens, l'éducation à l'analyse critique de ces DONS prend toute son importance.

3.3.2. Existence d'un regard critique spontané

L'objectif initial de cette première investigation était de savoir si les élèves et les professeurs pouvaient spontanément porter un regard critique sur les DONS qui leur étaient proposés. Nous reprenons dans cette section l'analyse des questions relatives à cet aspect qui ont été posées dans les différents questionnaires présentés précédemment.

3.3.2.1. Regard critique des élèves sur le document « ET »

Une partie des réponses aux questionnaires QE1 et QE2 (annexes III.1.a et b. pp.350-351) nous ont permis d'analyser le regard plus ou moins critique que les élèves pouvaient porter sur le document.

Nous commencerons par l'analyse de la question 5) du questionnaire QE1 :

5) Avez-vous des critiques à formuler concernant ce dessin?

Nous avons regroupé les commentaires des élèves sous les catégories suivantes (nous en donnons quelques exemples) :

- La Terre est représentée trop grosse ou trop proche

« Si des êtres peuvent distinguer la Terre à l'âge de pierre, celle-ci ne peut pas être visible de leur planète ; avec un tel diamètre, elle devrait plutôt ressembler à un petit point lumineux ».
- La disproportion ET/Planète, ou le fait que le dessin ne soit pas à l'échelle

« Vu leurs tailles sur la planète, c'est impossible ».

« Ils sont super grands par rapport à leur planète ».
- Mise en cause du pouvoir séparateur du télescope

« Le télescope utilisé ne permet certainement pas de voir aussi précisément la Terre ».

« Avec un aussi petit télescope, on ne peut pas voir autant de détails comme les poils »
- Détails secondaires (seulement deux ET, nom de la planète inconnu, les ET parlent le français, existence des ET, etc....)

« On représente les ET alors qu'on ne les a jamais vus ».

« On ne connaît pas le nom de la planète où se trouvent les ET ».

« Ils ne sont que deux sur leur planète ».

« Les ET parlent le français ! ».

- Critiques d'ordre général (dessin peu clair, pas réaliste...)

« Ce dessin n'est pas réaliste ».

« Ce dessin est très simpliste et impossible, mais c'est une bonne façon de se représenter mentalement l'exercice ».

- Pas de commentaire

Un élève peut, dans une même réponse à la question, formuler plusieurs critiques. Le tableau qui suit ne comptabilise donc pas le nombre d'élèves mais le nombre d'occurrences pour chaque catégorie de réponse.

Elèves (N=66)	Nombre d'occurrence
Terre trop grosse	14
Disproportion ET/Planète	29
Pouvoir séparateur du télescope	13
Détails secondaires	18
Critiques d'ordre général	15
Pas de commentaire	6

Tableau 2.5 : Répartition des critiques des élèves par catégories pour le document « ET » (année 1 questionnaire QE1).

Seuls 6 élèves ne formulent aucune critique. On peut être étonné par le fait que l'esprit critique des élèves s'exerce si aisément alors qu'il n'est pas habituel de lui en laisser la possibilité, particulièrement en sciences. Il est alors intéressant de porter notre attention sur la qualité de la critique.

Et, force est de constater que si les critiques vagues comme « le dessin n'est pas très réaliste » ou les détails secondaires du type « les ET n'existent pas » sont largement représentés parmi les réponses, les commentaires pertinents sont présents avec une fréquence notable. En effet, 14 élèves sur 66 (soit 21%) mettent en cause la représentation de la Terre et 13 sur 66 (soit 20%) mettent en cause le pouvoir séparateur du télescope. Or, comme nous l'avons expliqué, ces représentations ne sont pas sans conséquence du point de vue de la cohérence de l'ensemble. Certes, la critique la plus fréquente est la disproportion ET/Planète, soulignée par près de la moitié des élèves (29/66). C'est, *a priori*, une invraisemblance très repérable et ce résultat n'est donc pas une surprise.

Une vision d'ensemble de ces résultats nous amène à penser que si la critique s'exerce volontiers chez les élèves et peut s'avérer de qualité, il n'en reste pas moins qu'il y a apparemment une absence de hiérarchisation : les élèves ne font pas de distinction entre les

différentes invraisemblances du document car les conséquences que chacune peut engendrer en terme de conceptualisation semblent leur échapper.

La seconde année, nous avons reformulé les questions relatives à l'approche critique du document dans le questionnaire QE2 :

- 3) Ce document comporte des détails invraisemblables. Lesquels?
- 4) Parmi ces invraisemblances, lesquelles peuvent poser un problème par rapport à l'objectif de ce document? Expliquez.

La question 3) visait à analyser le repérage des invraisemblances par les élèves alors que la question 4) avait pour objectif de savoir s'il y avait une possibilité de hiérarchisation des risques associés.

Sur les mêmes critères, le tableau suivant présente le nombre d'occurrences correspondant pour l'ensemble des élèves (N=63) :

Elèves (N=63)	Nombre d'occurrences
Terre trop grosse	26
Disproportion ET/Planète	34
Pouvoir séparateur du télescope	32
Détails secondaires	34
Critiques d'ordre général	0
Pas de commentaire	0

Tableau 2.6 : Répartition des critiques des élèves par catégories pour le document « ET » (année 2 questionnaire QE2).

Nous pouvons constater d'emblée que la reformulation de la question a permis aux élèves d'être plus précis dans leurs critiques puisque aucun d'entre eux ne formule de commentaire d'ordre général et tous parviennent à formuler des critiques spécifiées.

De plus, les résultats de cette seconde année confirment ceux de la première : le sens critique s'exerce et les détails secondaires ne prennent pas beaucoup plus d'importance que les aspects conceptuels importants puisque , par exemple, le pouvoir séparateur du télescope est autant mis en cause que des détails plus anecdotiques. La taille de la Terre a été mise en cause par 41% des élèves, et même si cette critique est moins présente que les autres, cela reste un score important. On n'observe cependant pas de hiérarchisation explicite.

L'analyse de la question 4) va permettre d'affiner notre jugement sur ce dernier point.

Nous avons regroupé les réponses des élèves à cette question suivant 6 catégories qui suivent (avec leurs exemples) :

- La Terre est trop grosse (sans aucune autre critique)
« La taille, car à cette distance la Terre apparaît comme un tout petit point. Ici, la taille ne nous permet pas d'estimer la distance approximative ».

« La taille de la Terre peut faire penser que la Terre est proche ».

« L'âge préhistorique est bien trop loin dans le temps par rapport à la distance ».

- Hiérarchisation apparente entre les détails secondaires et les autres critiques formulées (Taille de la Terre, Disproportion ET/Planète, Pouvoir séparateur du télescope)

Un élève reprend ces réponses de la question 3) et indique qu'il choisirait parmi toutes les invraisemblances la Taille de la Terre « car c'est impossible car la lumière se déplace bien plus vite ».

- La Terre est trop grosse mais sans priorité par rapport à d'autres critiques

« - La taille de la Terre
- La précision du télescope
- Les continents n'étaient pas placés de la même façon à la préhistoire
- Les proportions en général
- La position droite du télescope n'est pas possible sur une Terre ronde ».

- Détails secondaires uniquement

« Le fait qu'on ne connaisse pas la planète »

« - Les poils des terriens, car c'est 10^2m et la planète est à 10^7km
- Les martiens sont très gros par rapport à leur planète ».

- Paraphrase, reformulation, ou suite de la réponse à la question 3))

Exemple d'un élève répondant à la question 3) « les ET utilisent un télescope et ils voient les habitants de la Terre » et à la question 4) « l' ET voit les habitants de la Terre alors qu'ils se situent à $10^{12}km$ de la Terre ».

- Pas de réponse

Catégories	Nombre d'élèves (N=63)
Terre trop grosse seule	15
Hiérarchisation apparente	3
Terre trop grosse sans priorité	4
Détails secondaires uniquement	17
Reproduction de la question 3)	8
Pas de réponses	14
Inclassable	2

Tableau 2.7 : Hiérarchisation des critiques des élèves par catégories pour le document « ET » (année 2 questionnaire QE2).

D'après nos critères, 18/63 élèves semblent mettre la Taille de la Terre comme une source de problème pour comprendre l'objectif principal. Ce résultat est, comme nous

l'avions supposé, assez faible, puisque dans le même temps, 45 élèves ne peuvent hiérarchiser les risques associés aux invraisemblances repérées. Cela étant, ces 18 élèves montrent que hiérarchiser est possible, surtout lorsqu'on lit la pertinence de certains commentaires d'élèves (comme ceux cités en exemple), et cela nous engage à poursuivre dans la voie d'un affinage du regard critique des élèves car c'est nous semble-t-il un enjeu majeur dans l'utilisation des DONS en classe.

3.3.2.2. Regard critique des élèves sur le document « Galaxies »

Les réponses aux questions 3) à 6) du questionnaire QE4 (N=30, annexe III.4.b. p.394) nous ont permis de tirer des informations sur l'éventuel regard critique que les élèves pouvaient porter sur le document.

Rappel des questions étudiées ici :

- 3) Quelles sont les parties de ce document qui vous aident particulièrement bien à comprendre ? Détaillez.
- Quelles sont les parties qui vous semblent particulièrement difficiles, confuses ou critiquables ? Détaillez.
 - Si vous étiez le dessinateur, est-ce que vous changeriez quelque chose ? Quoi et pourquoi ?
 - Donnez un avis général sur ce document.

Les réponses obtenues sont très variables d'un élève à l'autre et ne sauraient être classifiées de manière systématique.

Nous avons regroupé les réponses qui revenaient régulièrement et qui, selon nous, manifestent un regard critique méritant l'attention.

Parmi les « invraisemblances » que nous avons repérées dans ce document, très peu d'élèves les signalent ; leurs remarques, beaucoup plus générales et vagues n'en sont pas moins intéressantes et montrent qu'il n'est pas utopique de proposer aux élèves de porter un regard critique sur le document.

Nous rappelons que les éléments facilitateurs choisis par l'auteur pour ce document et sur lesquels nous nous sommes centrés sont les suivants :

- La mise en visibilité des nuages d'hydrogène
- La représentation matérialisée du faisceau de lumière galaxie-télescope
- Le non respect des échelles
- « La » raie unique du spectre de l'hydrogène.
- Le décalage de la raie d'absorption de l'hydrogène représentée par une flèche (dont on s'attend à peu de repérage et uniquement de la part des professeurs)
- Le fait qu'à l'image, le décalage spectral dû à l'effet Doppler apparaisse comme lié à la distance aux galaxies

Nous indiquons ici les catégories de réponses les plus marquantes :

- 4 élèves signalent que la lumière des galaxies est normalement diffusée dans toutes les directions.

- 4 élèves évoquent des disproportions et 5 autres des problèmes de distance dont les formulations nous amènent à penser qu'ils pensaient également à un problème d'échelle.

En dehors de ces deux catégories, qui font directement référence aux éléments facilitateurs qu'il serait souhaitable, selon nous, de repérer et de hiérarchiser, nous n'avons relevé que des critiques beaucoup plus générales ; nous les avons regroupées de la façon suivante :

L'encadré de droite : le cœur de la compréhension

- Au total 25 élèves signalent que c'est un élément (au moins) de l'encadré de droite qui les aide à comprendre. Parmi eux, 7 citent l'encadré de droite dans sa globalité, 7 les schémas, 3 les schémas et le texte, et 6 l'analogie avec le son.
- Les élèves qui ne citent pas l'encadré de droite, parlent du texte en général (2), du document central (1), des schémas et texte en général (4), ou l'analyse des spectres (2).

On remarque donc le rôle prépondérant joué par l'encadré de droite. C'est le cœur de la compréhension du phénomène. Ceci explique peut-être pourquoi il est retenu comme l'objectif principal de ce document par un bon nombre d'élèves.

Le rôle prépondérant de l'image

- Au total, on notera que 18 élèves évoquent les schémas comme étant un élément qui aide à la compréhension. On voit ici le rôle déterminant joué par l'image dans ce type de document, délibérément pris en compte dans notre sélection pour ces DONS.

Des critiques sur la clarté des concepts présentés

- 4 élèves disent que c'est la conclusion du document qui n'est pas claire.
- 4 élèves disent que le document de gauche n'est pas clair pour qui ne connaît pas les spectres. (ils ont suivi un enseignement sur ce thème).
- 4 élèves disent que le document central n'est pas clair (en particulier la représentation des galaxies et/ou des nuages d'hydrogène)
- 3 élèves disent que le document du haut (sous-entendu le petit encart expliquant l'expérience en laboratoire sur l'analyse du spectre d'absorption de l'hydrogène) prête à confusion.

Quelques remarques d'élèves ont, par ailleurs, retenu notre attention :

- « le texte est familier, ça fait pas sérieux... »

Ici, le regard critique porte sur la crédibilité du document. Il est intéressant de voir qu'aux yeux d'un élève, ce qui peut sembler, au premier abord, comme un élément attractif (à savoir le côté humoristique) peut, en fait, se retourner contre le document et décrédibiliser

la présentation des concepts. L'humour n'est donc pas une garantie pour une meilleure adhésion des lecteurs au propos.

- « *les dessins ne sont pas assez détaillés, heureusement, il y a les textes* »

Même si l'image joue un rôle prépondérant comme nous l'avons précédemment souligné, Un élève peut prendre conscience que l'image seule ne peut aboutir à une solide compréhension. La mise en relation textes/images est l'une des clés de la réussite de l'entreprise. Cela rejoint nos considérations sur la mise en relation des différentes zones du document, et c'est l'un des aspects que nous tenterons d'aborder avec les élèves lors de nos séances de guidage.

- « *les schémas ne sont pas à l'échelle (...) mais ce n'est pas très grave* »

Le caractère de « non gravité » du non respect des échelles signalé par cet élève est un début de hiérarchisation des EFOP. Ce phénomène de hiérarchisation est très marginal à ce stade, pour ce document, avant que les élèves n'y soient initiés. Les élèves sont néanmoins en mesure de le faire spontanément, comme le montre cet exemple et comme nous l'avons vu pour le document « ET ». Si la hiérarchisation est beaucoup plus marginale ici, c'est sans doute parce que la complexité de ce document n'a pas permis aux élèves de repérer les facilités comme ils avaient pu le faire pour le document « ET ».

- « *on ne voit pas le rapport avec les spectres* » (2 élèves).

Nous retrouvons, ici, la manifestation de la réduction scolaire chez certains élèves. En effet, c'est spontanément que ces élèves veulent rattacher le contenu du document au cours qui leur a été proposé sur les spectres.

A propos d'éventuelles modifications du document

- 9 élèves ne modifieraient rien aux schémas (4 autres ne donnent pas de réponse).
- Pour les autres, on relève 12 idées différentes. Parmi les plus remarquables :
 - Des modifications sur les spectres (4).
 - Faire 2 dessins plutôt qu'un seul sur le dessin du haut (spectres au labo) (5).

Là encore les perceptions sont très différentes d'un élève à l'autre.

Malgré les critiques formulées à la question 4, il n'est pas évident de proposer des modifications. La plupart des propositions concernent les spectres. C'est souvent, sur ce thème, la condensation des informations présentées qui pose problème. Notre hypothèse est que pour proposer des modifications qui sont autre chose que de l'agrément, il est nécessaire d'avoir repéré les éléments facilitateurs (EF) et d'avoir hiérarchisé les obstacles potentiels (OP), ce qui manifestement était inaccessible aux élèves sans un guidage préalable.

En bref, à la lecture de ces critiques, on peut distinguer deux aspects dominants :

D'une part, les élèves sont tout à fait en mesure de formuler des critiques sur le document, et, ce, même avec une compréhension globale toute relative. Leurs critiques peuvent tout aussi bien porter sur le fond (les concepts présentés) que sur la forme (la mise en scène du document). Nous retiendrons, en particulier, le faible taux de repérage des facilités et la hiérarchisation spontanée des EFOP très marginale, mais aussi le fait qu'une présentation accrocheuse n'est pas un gage d'adhésion à la présentation du document.

D'autre part, certaines critiques formulées nous confortent dans l'idée qu'il existe une réelle difficulté à relier les différentes zones du document Galaxies entre elles, et que cette difficulté constitue un obstacle majeur au repérage du message principal.

3.3.2.3. Regard critique des professeurs sur le document « ET »

Nous reprenons ici, l'analyse des réponses au questionnaire QP1 (N=13, questions 3. à 7. voir annexe III.3.a. p.389). Nous y joindrons ensuite l'analyse d'un questionnaire soumis à des stagiaires d'IUFM (QP2, N= 20, voir annexe III.3.b. p. 390).

Les réponses au questionnaire QP1 nous ont permis de faire le point sur le niveau d'analyse critique des professeurs sur ce document, nous ne livrerons pas ici une analyse exhaustive de toutes les réponses mais nous nous contenterons de relever au travers des différentes réponses ce qui manifeste une vision critique du document.

On remarque immédiatement que sur les 13 stagiaires, aucun, dans les questions qu'il soumettrait aux élèves, n'oriente le débat sur une analyse critique du document.

Ce fait est d'autant plus remarquable que les critiques formulées par les professeurs sont nombreuses. Elles se résument en 4 catégories :

- La distance Terre-Planète non réaliste (7)
- Le repère temporel (les Hommes poilus qui essaient de faire du feu) trop peu identifiable (3)
- La taille des ET par rapport à leur planète (5)
- Les détails visibles au télescope (2)

NB : Entre parenthèses : le nombre de réponses de ce type (sachant qu'un même professeur a pu exprimer plusieurs critiques).

On peut y ajouter des critiques plus générales du type :

« Le schéma n'est pas du tout suggestif ».

« Le dessin n'est pas clair ».

Lorsqu'on demande aux professeurs s'ils auraient fait les mêmes choix que le dessinateur et ce qu'ils proposeraient dans le cas contraire, les avis sont très partagés :

- 6 auraient fait les mêmes choix
dont 2 qui expliquent qu'ils auraient conservé cette représentation de la Terre,
« ...car au moins on la reconnaît ».
- 6 auraient modifié le document, parmi eux,
3 proposent de représenter la Terre « *comme un point* »
1 propose un « zoom » sur la planète ET
1 propose « *la Terre de la même taille, mais les ET plus petits* »

A l'analyse de ces réponses, nous formulons deux remarques :

D'une part, la majorité des stagiaires conçoivent que la représentation de la Terre est critiquable et peut poser problème. Il y a peut être un autre indice d'une hiérarchisation sous-jacente des risques liés aux facilités employées dans le document dans le fait que c'est, parmi les points critiqués, celui pour lequel les stagiaires proposent le plus souvent une modification du document (3/6). Cette hiérarchisation n'est pourtant pas évidente pour tous et il y a là, nous semble-t-il, un réel enjeu.

D'autre part, si le regard critique porté par les professeurs existe bel et bien, ceux-ci ne semblent pas vouloir partager leur réflexion avec les élèves puisque aucune question posée aux élèves n'est orientée dans ce but. Nous avons, pour mettre à l'épreuve cette impression, reposé la question à un autre groupe de stagiaires.

Le questionnaire QP2 a été donné à 20 stagiaires lors d'une séance réalisée sur ce thème à l'IUFM de Paris.

- Proposer 4 questions à poser aux élèves pour exploiter ce document.
- Préciser s'il s'agit d'une introduction (i) ou d'un réinvestissement (r).

L'intégralité des questions proposées par les stagiaires est retranscrite dans l'annexe III.3.b. p.390.

L'analyse des propositions se résume simplement :

Aucun des stagiaires ne propose des questions relatives à une approche critique du document.

La quasi totalité de la série de questions proposées a pour unique objectif de guider les élèves vers un calcul de la distance Terre-Planète. Lorsque ce n'est pas le cas, les questions visent à aider les élèves à saisir le message principal, comme le montrent ces exemples :

- *A quelle époque l'homme a-t-il essayé de faire du feu ? (r)*
- *Pourquoi, alors que la scène se passe en l'an 2000, les ET voient les hommes préhistoriques ? (r)*
- *Quelle grandeur va nous permettre d'estimer la distance ? (r)*
- *Faites le calcul ! (r)*

- En raisonnant sur la durée de propagation de la lumière, pourquoi les ET voient-ils des hommes préhistoriques sur Terre en l'an 2000. (r)
- Sachant que la préhistoire se situe environ 50000 ans av J-C, déterminer le nombre d'année lumière entre la Terre et les ET. (r)
- Déterminer la distance entre la Terre et les ET sachant que la vitesse de la lumière est de $3,0.10^8$ m/s. (r)

- Qu'observent ces ET ?
- A quelle époque les hommes ont découvert le feu sur la Terre ?
- Expliquer pourquoi les ET voient des hommes préhistoriques sur la Terre alors qu'on est en l'an 2000 ?
- Connaissant la vitesse de la lumière, établir une relation entre distance, temps et $v_{lumière}$ puis calculer la distance entre la Terre et la planète

A partir de ce constat, nous pouvons conclure que si les professeurs stagiaires peuvent faire preuve d'un regard critique sur le document, il n'existe pas de volonté de leur part d'initier leurs élèves à une analyse dans ce registre. Et toutes les démarches suggérées ont un objectif en lien avec les programmes. C'est, nous semble-t-il, une confirmation forte de ce que nous avons appelé la réduction scolaire.

3.3.2.4. Regard critique des professeurs sur le document « Galaxies »

Les professeurs stagiaires ont été questionnés à propos du document « Galaxies » sur son efficacité à transmettre les différents messages envisagés (questionnaire QP3, N=28, voir annexe III.5. p.395).

Questions analysées dans cette section :

- 2) Estimez-vous que ce document soit efficace pour transmettre ce message ? (On peut renseigner à la fois les rubriques OUI et NON :
- ☐ OUI, par quel aspect particulièrement ?
 - ☐ NON, en quoi et pourquoi ? (Quel aspect, quelle difficulté attendue ?)
- 3) Comment et pourquoi modifieriez-vous cette image ? (Spécifiez pour quels public et usage : tout public, lecteurs de revue, élèves de...)

Question 2 :

Première partie :

Comme chez les élèves, l'encadré de droite est souvent cité comme l'élément qui facilite la compréhension (10). Cela ne semble pas très surprenant si l'on considère que pour la majorité des enseignants l'objectif principal est la compréhension de l'effet Doppler.

Parmi les autres éléments cités comme facilitant la compréhension, on notera que 9 stagiaires évoquent les schémas (globalement ou sur une partie précise). Là encore il y a

convergence avec les élèves : l'image est donc perçue comme un facteur favorisant l'assimilation du concept.

4 professeurs stagiaires citent les spectres d'absorption. Les explications fournies ne permettent pas de dire pour quelles raisons...

Enfin, 5 stagiaires disent que le côté très concret peut aider à comprendre. Sur ce point, on peut se demander si le côté concret est bien un facteur favorisant la compréhension ou s'il est plutôt un facteur motivant (ou peut-être les deux à la fois ?).

On notera également qu'un stagiaire pense que l'on n'a pas besoin de bases pour comprendre ce document alors que plusieurs élèves signalent qu'il est nécessaire d'avoir des bases sur l'analyse spectrale notamment.

Seconde partie :

Les avis sont très divergents en ce qui concerne les points critiquables du document.

Parmi les positions les plus fréquentes, on signalera :

- Les spectres de l'hydrogène (4)
- L'effet Doppler (4)
- « les petites vagues » (2)
- la partie centrale (2)
- 7 professeurs stagiaires qui ne formulent aucune remarque.

D'autres remarques peuvent attirer notre attention :

- Le sens de lecture est mal défini (1)
- « *On a l'impression que le nuage d'hydrogène est à l'origine du décalage* » (1)
- Le lien entre la partie de gauche et l'encadré sur l'effet Doppler n'est pas du tout évident (1)
- La raie et la flèche sur les spectres d'absorption de l'hydrogène (1)

Nous pouvons constater que sur l'ensemble des remarques formulées par les professeurs, un bon nombre recoupe les remarques des élèves. On peut donc penser qu'il est tout à fait possible qu'un enseignant prévoie au moins en partie les difficultés potentielles des élèves. Cependant, comme un quart des stagiaires ne formule aucune remarque, la question est de savoir dans quelle mesure on peut amener les professeurs à hiérarchiser les risques liés à ces difficultés et à concevoir que les élèves puissent également prendre part à une analyse critique du document.

Question 3 :

En ce qui concerne le public visé, les opinions sont très partagées et la plupart des professeurs stagiaires n'ont pas répondu. Ceux qui se sont exprimés se répartissent ainsi :

- Pour le lycée (1)
- Pour la 2^{nde} (3)
- Pour les terminales (1)
- Pour tout public (4)

Un stagiaire signale qu'il ne donnerait pas ce document à des élèves de 2^{nde}.

3 professeurs stagiaires précisent que le document est très bien tel quel pour des lecteurs de revue mais qu'avec des élèves il sera nécessaire de fournir des explications supplémentaires *et « qu'il faut s'attendre à un grand nombre de questions »*. Ces remarques nous semblent particulièrement intéressantes car elles mettent en évidence que les professeurs peuvent envisager une analyse assistée du document. Cependant, il convient de s'interroger sur les objectifs envisagés et envisageables pour cette démarche.

A propos des modifications éventuelles à apporter au document, on notera que les réponses manifestent très souvent une volonté d'explicitation des difficultés potentielles des élèves ou des points du document qui peuvent prêter à confusion, mais on n'observe que très peu de propositions concrètes de modification (en particulier sur les images) :

- Séparer les zones 1 et 2 (spectres et galaxies) (1)
- Séparer en deux la partie centrale (1)
- Détailler l'explication de l'analyse spectrale (1)
- Détailler davantage les spectres (1)
- Détailler la position de la raie noire dans le spectre d'absorption (rôle de la flèche) (1)

De même qu'à la question précédente, on remarque que les propositions des élèves recoupent en partie celles des stagiaires. Cependant certaines remarques formulées ici ne trouvent pas écho chez les élèves et réciproquement (ex : le rôle de la flèche).

On remarque surtout que le problème du lien entre les différentes zones du document, qui semble être une source de difficulté pour les élèves, n'est que très peu évoqué par les professeurs stagiaires : seuls 2 d'entre eux proposent des modifications dans la présentation du document.

Concernant l'adaptation au public, on remarque que plusieurs professeurs stagiaires proposeraient éventuellement le document à des élèves de 1^{ère} S ou Terminale S. Lorsqu'ils pensent l'adapter au niveau seconde, c'est soit en éliminant, soit en éludant la partie sur l'effet Doppler. A l'inverse, d'autres pensent qu'il s'agit uniquement d'un document destiné à « tout public », et que pour envisager son étude en seconde, il serait nécessaire d'y apporter des modifications pour une démonstration plus rigoureuse.

« Les modifications dépendent du public. Je pense que c'est bien pour la classe appelée « tout public ». On veut juste comprendre le phénomène en gros. Par contre, pour des élèves, cela pourrait servir d'introduction, mais il faudrait le compléter avec une démonstration plus rigoureuse ».

« Même si le contenu de ce document paraît destiné à des élèves de lycée (1^{ère} ou Terminale), la forme employée indiquerait qu'il aurait pour cible un public plus jeune ».

3.3.2.5. Conclusion sur l'analyse critique

Si l'on admet que toute personne est capable *a priori* de faire preuve d'un esprit critique, il reste que, pour que celui-ci s'exerce pleinement, il faut lui donner un espace de liberté. Il faut aussi que la personne soit formée pour, d'une part, cibler l'importance de la critique dans le contexte (c'est-à-dire hiérarchiser ses remarques), et, d'autre part, être capable de formaliser et de formuler sa pensée en des termes intelligibles.

Ce premier sondage a permis de remplir la première de ces conditions : créer un espace de liberté pour que la critique s'exerce. De ce point de vue, les élèves ont su émettre des critiques sur les documents, qu'elles portent sur le fond (les concepts présentés), ou sur la forme (la mise en scène). Par contre, en l'absence d'une formation, il y a peu de hiérarchisation des EFOP. Les critiques sont, le plus souvent, présentées toutes sur un même plan.

Les professeurs, ayant plus de facilité à s'appropriier le contenu, ne critiquent que très peu les invraisemblances ou les incohérences éventuelles, et s'intéressent davantage à la façon dont un concept est présenté au public. Il semble, cependant, qu'ils ne pensent pas les élèves capables du même discernement, à en croire leur tendance à vouloir écarter ou modifier le document, sans suggérer la moindre éducation à la critique.

L'enjeu pour nous, sera de montrer qu'une formation des élèves peut éventuellement conduire à une hiérarchisation de la critique. En particulier, en orientant la critique sur les risques associés aux facilités (EFOP) employées dans le DONS.

3.3.3. De l'effet accrocheur à la motivation

3.3.3.1. Les élèves et la motivation

Concernant le document « ET », dans les questionnaires QE3 et QE4 (annexes III.4.a. et b. pp.393-394), nous n'avions pas prévu de questions abordant l'intérêt des élèves et de ce fait nous n'avons pas d'éclairage sur leur motivation pour travailler ce document. Signalons cependant, que le travail demandé n'a pas surpris les élèves outre mesure. Ils ont répondu consciencieusement au questionnaire comme s'il s'agissait d'une activité du cours de Physique comme une autre.

La question 6) (Donnez un avis général sur ce document) du questionnaire QE4 (N=30) a permis de tirer quelques informations sur l'aspect attractif du document « Galaxies ».

- 10 élèves déclarent que le document est « intéressant ».
- Parmi les points positifs, on relèvera les éléments de réponses suivants :
(entre parenthèses, le nombre d'élèves exprimant un commentaire similaire).

« *Les mots sont à notre portée* ». (4)
 « *C'est bien expliqué et pas trop long* ». (1)
 « *C'est bien expliqué surtout le document à droite* ». (2)
 « *C'est bien expliqué sauf le document à droite qui est très confus* ». (1)
 « *C'est clair et tout le monde peut comprendre* ». (2)
 « *C'est bien, et ça explique des choses que l'on n'a pas vues en classe.* » (1)
 « *Ça explique bien le phénomène...* ». (6)

- Mais on relève aussi des jugements négatifs en relation avec l'intérêt :

« *Les explications ne sont pas claires* ». (3)
 « *Le sujet n'est pas assez approfondi* ». (4)
 « *Les termes utilisés sont parfois trop scientifiques* ». (3)
 « *Les dessins sont critiquables* ». (1)
 « *C'est un peu compliqué* ». (1)
 « *La conclusion n'est pas très claire* ». (2)
 « *Il faudrait inverser les pages pour comprendre mieux* ». (1)

- On notera aussi des commentaires moins tranchés :

« *Ça explique bien, mais ce n'est pas toujours clair pour celui qui n'y connaît rien* ». (4)
 « *Le texte est parfois difficile mais les schémas aident à la compréhension* ». (2)

Parfois, chez un même élève, on peut lire que le document est intéressant ou « bien » alors qu'il formule des critiques, et que le reste de ses réponses montre qu'il n'a pas réellement compris ou qu'il croit à tort avoir compris. Un élève peut donc trouver le document « intéressant » (ou motivant) voire « clair » (ou efficace pour la transmission du message) alors qu'il n'a pas compris. Un travail critique sur le document avec les élèves pourrait permettre de leur montrer que si le document paraît intéressant, il n'en est pas pour autant efficace à la transmission des concepts qu'il présente.

D'autre part, certains élèves semblent perplexes à l'issue de ce travail, c'est-à-dire qu'il semblerait que l'effet motivant soit réel mais qu'il ne suffise pas pour aller plus loin, et ce même aux yeux de l'élève. C'est ce que semblent indiquer les remarques : « *le sujet n'est pas assez approfondi* » ou « *la conclusion n'est pas très claire* ».

Il semblerait d'autre part que le côté motivant soit réellement observable dans l'ensemble du groupe consulté. On peut le penser car les élèves ont travaillé sur le document avec attention et se sont prêtés au jeu des questions sérieusement alors que lors des séances d'enseignement classiques, un bon nombre des élèves (notamment ceux qui ne se destinent pas à une section scientifique) sont nettement moins concentrés et concernés par le sujet étudié. On note également qu'une dizaine d'élèves ont déclaré avoir été intéressés par le document et sept autres l'ont jugé plutôt « bon ». Un élève fait même remarquer que cela permet d'aborder des sujets autres que ceux vus en classe.

Cependant, les critiques formulées par les élèves sont réelles. Elles montrent qu'un élève est capable d'avoir un regard critique. Il lui est plus difficile d'identifier ce qu'il ne

comprend pas. C'est à notre avis aussi en ce sens que l'analyse assistée de ce genre de document peut être bénéfique. Car, l'effet accrocheur semble ne pas contenter les élèves comme en témoignent les remarques sur la conclusion « pas très claire » ou sur le fait que l'explication n'est pas assez détaillée.

En outre, nous souhaitons livrer ici une impression personnelle. En effet, notre connaissance des élèves soumis aux questionnaires nous permet de faire une remarque complémentaire : Il semblerait qu'il n'y ait pas de corrélation entre la compréhension des concepts et phénomènes expliqués dans le document et le niveau scolaire de l'élève. Autrement dit, un élève que nous avons repéré comme en difficulté ou démobilisé comprend parfois mieux le document étudié qu'un élève ayant un niveau satisfaisant en physique. Quelques indices relevés lors de l'analyse des questionnaires nous ont permis de formuler cette hypothèse. Cependant il n'y pas de données objectives permettant de la mettre à l'épreuve car ce n'était pas, à l'origine, un objectif de cette recherche. Un approfondissement dans ce sens pourrait s'avérer particulièrement intéressant car, on peut éventuellement y voir un moyen, pour le professeur, d'aborder des concepts avec une approche différente (moins scolaire) grâce à l'étude des DONS et qui permettrait de favoriser la motivation et la compréhension des élèves en difficulté, mais aussi plus généralement des élèves qui ne se destinent pas aux sections scientifiques.

3.3.3.2. Point de vue des professeurs sur la motivation des élèves pour débattre sur le document

Nous avons questionné les professeurs sur l'aspect éventuellement motivant du document « ET ». La question suivante a été posée à 13 futurs professeurs (QP1, N=13, voir annexe III.3.a. p.389) :

Considérez-vous que ce document soit de nature à motiver les élèves pour un débat utile ? Expliquez votre point de vue.

Les opinions sont partagées quant à l'efficacité du document à susciter une telle motivation chez les élèves :

« Il y a quelque chose d'intéressant puisque cela montre une application des échelles. De là à motiver les élèves... Le petit Extra-Terrestre me gêne et risque à mon avis de détourner la discussion sur les ET justement ».

« Oui, ce document peut motiver les élèves pour un débat utile ».

« Après avoir longuement regardé cette image, je ne vois pas son intérêt... Cependant, cette image est ludique, donc pourrait plus intéresser les élèves qu'un texte ou que des photos ».

« Le côté science fiction peut plaire et aider à engager un débat « sympathique » ».

« Je pense que oui, car l'espace, c'est toujours passionnant. Les élèves sont toujours intéressés par les planètes et les étoiles ».

Comme on le voit, l'effet motivant censé se dégager du document ne fait pas ici l'unanimité. Il y a semble-t-il, chez les élèves comme chez les professeurs, une confusion entre l'effet accrocheur du document et la motivation qu'il est censé apporter pour un but conceptuel.

Le débat sur l'effet motivant se fonde sur cette distinction. La mise en scène contribue à l'effet accrocheur, mais elle ne va pas forcément apporter un gain de motivation supplémentaire pour un débat utile. Et, d'après un professeur, elle présente même le risque que le débat s'oriente sur la forme caricaturale des ET.

Un autre professeur va même plus loin dans ce sens, à propos du vocabulaire et du ton employé dans le document « Galaxies » (c'est la seule remarque de ce type relevée dans les questionnaires sur le document « Galaxies ») :

« Peut-être faudrait-il moins infantiliser le lecteur car cela ne permet pas de rendre le sujet plus abordable ou plus simple à comprendre ».

Nous sommes en accord avec cette remarque. Cependant, nous avons pris le parti en préambule à ce travail, de prendre les DONS pour ce qu'ils sont, sans aucune visée de mettre en cause les concepteurs de ces documents de quelque manière que ce soit. La question est de savoir comment guider les élèves pour qu'ils puissent faire par eux-mêmes ce constat : bien que les artifices de la mise en scène puissent rendre le document plus agréable et donc plus accrocheur, ils ne garantissent pas pour autant une compréhension plus aisée.

Le questionnaire QP3 relatif au document « Galaxies » ne comportait pas de question directement en lien avec la motivation des élèves. Cependant, au travers des réponses à la question 2) (Estimez-vous que ce document est efficace pour transmettre ce message ?), On pouvait s'attendre à des manifestations spontanées sur ce thème.

Nous avons pu noter que 10 professeurs stagiaires considéraient que la représentation par les images des phénomènes présentés était de nature à faciliter la compréhension des élèves. Il semblerait que dans l'esprit de ces professeurs, cette facilitation soit susceptible de davantage les motiver.

2 stagiaires évoquent également le côté humoristique comme un élément facilitateur. Et, l'un d'entre eux écrit qu' « il n'y a pas besoin d'avoir des bases en sciences ».

La question posée était relative à l'efficacité à transmettre le message, et on peut constater que ces réponses sont orientées vers le pouvoir accrocheur du document. D'où l'idée que, pour certains professeurs comme chez certains élèves, il existe, une confusion entre le pouvoir accrocheur et l'efficacité à transmettre le message principal.

3.3.3.3. Conclusion à propos de la motivation pour un débat utile

Il ressort de l'expression des élèves que l'image, et la mise en scène jouent un rôle important dans l'effet accrocheur d'un DONS. Le côté « décalé » (humour, vocabulaire familier...) renforce encore cette sensation. Cependant, il apparaît que, pour les élèves, ce ne soit pas suffisant pour parvenir à une satisfaction intellectuelle. Car, il semble que la véritable satisfaction n'intervienne qu'à la prise de conscience que le concept est, dans une certaine mesure, compris. Dans notre travail de guidage, nous nous proposons de tenter d'amener l'élève à cet état de satisfaction intellectuelle, via un débat. Au delà, on peut penser, mais ceci est hors du contrôle de cette recherche, que c'est leur motivation pour la science qui peut ainsi se développer.

Les professeurs interrogés, de la même manière, ne font pas de distinction entre l'effet accrocheur et l'effet de motivation au travail intellectuel, et parfois même entre l'effet accrocheur et l'efficacité potentielle à transmettre le message. L'aspect ludique du document leur apparaît intéressant tout comme l'étaient les conférences du Palais de la Découverte. Cependant, la tendance à la réduction scolaire qui s'observe dans les deux cas, risque, nous semble-t-il, d'annihiler le pouvoir ludique d'un DONS. En effet, si l'on fait du scolaire classique avec du non scolaire, que peut-on espérer de différent dans l'attitude des élèves ? C'est pourquoi, nous proposons de travailler sur les DONS avec des objectifs moins habituels, c'est-à-dire en travaillant sur la cohérence du document, et en particulier sur les risques associés aux facilités (EFOP) qu'on y trouve.

4. CONCLUSION SUR LES PREMIERES REACTIONS DES ELEVES ET DES PROFESSEURS

Cette première phase de notre travail avait donc pour objectif d'éclaircir les conditions de l'étude des DONS en classe. Nous partions sur la base de conjectures mais il était nécessaire de mener une enquête auprès des élèves et des professeurs pour identifier les difficultés inhérentes à ce type d'enseignement, et pour tester l'intérêt que les principaux concernés allaient manifester.

Notre recherche visait donc, d'une part, à déterminer comment les élèves appréhendent un DONS et les difficultés qu'ils peuvent y rencontrer, et d'autre part, à savoir si, et comment, les professeurs pouvaient envisager de travailler avec les élèves sur ces DONS.

Ces deux années d'investigation ont permis de préciser certaines hypothèses et ont en suggéré de nouvelles :

Nous avons constaté que les élèves semblaient travailler normalement et, ne paraissaient pas désorientés outre mesure par le travail demandé. C'est, pour nous la confirmation que l'introduction d'un travail sur les DONS dans la classe n'est pas une idée saugrenue et nous y voyons un encouragement à approfondir la recherche entreprise. La question qui se pose alors est d'explorer les conditions et effets d'un travail de ce type prolongé dans le temps, réparti au cours d'une année scolaire.

Pour autant, les réponses des élèves nous ont montré, que, même après enseignement, un document *a priori* d'approche facile (et en tous cas voulu comme tel) ne suscitait pas de manière si évidente l'identification du message principal. Il nous semblerait hâtif de conclure que le document est responsable à lui seul de cette difficulté. Une autre présentation aurait peut-être conduit au même constat, et comme nous l'avons déjà expliqué, il ne s'agit pas ici de faire le procès du concepteur. Nous prendrons comme position que cette difficulté est intrinsèque à l'étude des DONS en classe (même si elle peut être plus ou moins renforcée par la qualité du document), et que de nombreux DONS ainsi étudiés sont susceptibles de susciter des difficultés similaires. Nous avons retenu comme hypothèse que l'identification du message principal est écartée par ce que nous avons appelé la réduction scolaire. Il y a une nette tendance chez les élèves à rechercher un réinvestissement des enseignements reçus au travers du DONS qui leur est proposé. C'est pourquoi nous avons envisagé des séances de guidage dont l'objectif premier est d'aider l'élève à acquérir une autonomie pour la synthèse d'un message principal cohérent du point de vue conceptuel en visant, entre autres, une limitation des effets de cette tendance à la réduction scolaire.

La stratégie envisagée à cette fin s'appuie sur deux résultats de l'enquête préliminaire.

D'abord, nous avons pu faire le constat que la réduction scolaire n'est pas le seul fait des élèves. En effet, les professeurs stagiaires consultés, devant le choix de guider l'étude d'un DONS en classe, ont tous manifesté (p. 133), sans exception, une approche scolaire au sens restrictif du terme, c'est-à-dire qui vise exclusivement à « faire passer » un (ou plusieurs) concept(s) au programme de l'année. Pour une innovation dans ce domaine comme pour tant d'autres, il est certain qu'un travail en interaction avec les enseignants est nécessaire, si l'on

veut qu'elle sorte du cadre confidentiel d'une thèse. Cela dit, nous n'avons pu, ici, que réaliser des explorations préliminaires.

Le second constat est que chez les élèves (comme chez les professeurs), il existe un regard critique spontané sur un document, à partir du moment où on leur donne un champ et des moyens d'expression, même si le contenu conceptuel du document y prend une place d'autant plus réduite que le document semble complexe. Nous proposons donc d'exploiter ce potentiel pour explorer les conditions d'un travail critique qui s'éloigne du champ purement scolaire, au sens restrictif de ce terme. L'objectif étant la compréhension des concepts présentés et celle, synthétique, du message principal, c'est dans le choix des points à critiquer que se joue la réussite de l'entreprise. En effet, cette démarche n'oppose pas le souhait de développer l'esprit critique à une progression conceptuelle de l'élève sur des objectifs scolaires, il s'agit au contraire d'un développement imbriqué sur ces deux lignes. En « traquant » l'incohérence conceptuelle dans le document, nous espérons parvenir à faire formuler par les élèves une synthèse claire. Il s'agit déjà de repérer les facilités employées par le concepteur, qui, par souci de concision le plus souvent, emploie des représentations qui peuvent poser problème du point de vue de la physique. Il est évident que toutes ces facilités n'ont pas les mêmes conséquences et n'engendrent pas les mêmes risques de compréhension erronée. Il s'agit donc pour nous d'amener les élèves à hiérarchiser ces risques. Les savoirs et les connexions logiques qu'ils devront mettre en œuvre devraient permettre une appropriation optimale du message principal et des concepts qui y sont associés. De cette façon, nous espérons également conduire les élèves à mettre en place une connexion logique entre les différentes zones du document. Car, il ressort également de notre enquête que la difficulté de relier les zones entre elles est probablement une autre cause majeure de la difficulté à identifier le message principal.

Par ailleurs, certaines remarques d'élèves nous laissent penser que l'effet attractif des documents sélectionnés existe bel et bien, et les professeurs semblent également le croire. Ce n'est pas pour autant, à en croire ces remarques, que davantage de satisfaction sera finalement au rendez-vous, surtout si l'on se borne à une approche purement scolaire du document. Nous voulons mettre à l'épreuve l'idée que le travail critique sur la cohérence conceptuelle est de nature à donner aux élèves une satisfaction plus profonde.

En résumé :

Nous faisons l'hypothèse qu'il existe une boucle de relations entre la compréhension du message principal, qui autorise la détection des facilités (EFOP) susceptibles d'avoir des conséquences sur le plan conceptuel, lesquelles, une fois hiérarchisées de ce point de vue, amèneront un accès à une compréhension approfondie du message principal. Ajoutons que ce réseau de relations nous semble, compte tenu de nos résultats, devoir interférer avec un aspect plus affectif : il s'agit de la satisfaction intellectuelle générée par ce type d'activité et par son aboutissement en terme d'avancée conceptuelle.

Après le travail de guidage effectué que nous allons maintenant présenter, nous tenterons d'apprécier la pertinence de ce réseau hypothétique de prises de position.

3^{ème} PARTIE

Utilisation de DONS dans la classe:

séances de guidage pour une approche
critique et conceptuelle des documents
par les élèves de seconde générale.

1.	INTRODUCTION	147
2.	METHODOLOGIE	149
3.	ANALYSE DES SEANCES DE GUIDAGE	153
3.1.	<i>Séance 1) : questionnaire sur le document « ET ».</i>	153
3.2.	<i>Séance 2) : Impact de la séance de guidage sur le document « ET ».</i>	165
3.3.	<i>Séance 3) : questionnaire sur le document « Galaxies ».</i>	180
3.4.	<i>Séance 4) : Impact de la séance de guidage sur le document « Galaxies ».</i>	190
3.5.	<i>Analyse du travail rendu par les élèves sur le document « Matière »</i>	203
4.	EXPERIMENTATION EN CLASSE : CONCLUSION	225

1. INTRODUCTION

Après avoir cherché, au cours des deux premières années, les critères pertinents qui permettraient la construction et l'évaluation d'une utilisation des DONS en classe, nous avons souhaité construire et évaluer une séquence en situation normale de classe, en l'occurrence de seconde (age 15-16 ans, « grade 10 »).

Les sondages effectués auprès des professeurs stagiaires français nous ont montré qu'il y avait une attente de leur part, tout au moins en ce qui concerne l'exploitation d'une sortie du type muséal. En effet, si ces professeurs sont convaincus, semble-t-il, de l'intérêt que peut présenter l'insertion d'une forme de vulgarisation dans leur enseignement, notamment en terme de motivation, ils s'interrogent sur la conduite à tenir pour l'exploiter correctement.

Le choix de centrer ce travail sur l'étude de document papier repose sur l'intérêt d'un support peu complexe n'impliquant ni la gestion d'un déplacement hors de la classe ni l'interférence d'un médiateur en la personne d'un animateur de conférence. Cela étant, nous reviendrons en conclusion sur l'idée que l'approche critique et conceptuelle que nous proposons est susceptible d'éclairer le travail qui peut être entrepris par les professeurs lors de l'exploitation d'une sortie muséale.

Au-delà de l'attente remarquée des professeurs stagiaires dans le domaine de l'exposition, nous avons souligné que le travail sur les ressources d'origine non scolaire dans la classe, quel qu'en soit le support, présente un intérêt majeur. Encore une fois, le choix des documents papier s'est imposé à nous pour des raisons pratiques, mais rien n'interdit de penser qu'un travail similaire puisse être envisagé sur un support vidéo ou Internet.

Le travail préliminaire nous a permis de dégager plusieurs constats sur lesquels nous allons nous appuyer pour effectuer les séances de guidage. Le professeur s'y positionne non pas comme la personne qui apporte un savoir mais comme celle qui guide vers l'analyse d'un document, qui accompagne et complète éventuellement l'approche conceptuelle et critique, et qui a comme objectif de développer l'autonomie des élèves dans cette analyse. Idéalement, au terme de ce travail, l'élève devrait être capable de reproduire seul la démarche entreprise avec lui en classe.

L'investigation effectuée en amont a permis de définir nos objectifs pour les élèves pour ces séances de guidage :

- ✎ Identifier le message principal ne semble pas si aisé. Il convient donc d'apprendre aux élèves, en particulier, à distinguer l'objectif principal des éléments intermédiaires d'ordre conceptuel qui permettent d'accéder au message principal.
- ✎ Le lien entre les différentes zones d'un document ne se fait pas sans mal, et il semble *a priori* d'autant plus difficile d'accéder au message principal que les zones sont multiples et leurs liens moins évidents. Il s'agit alors de discuter avec les élèves le fait que, d'une façon générale, les zones ne sont pas indépendantes et

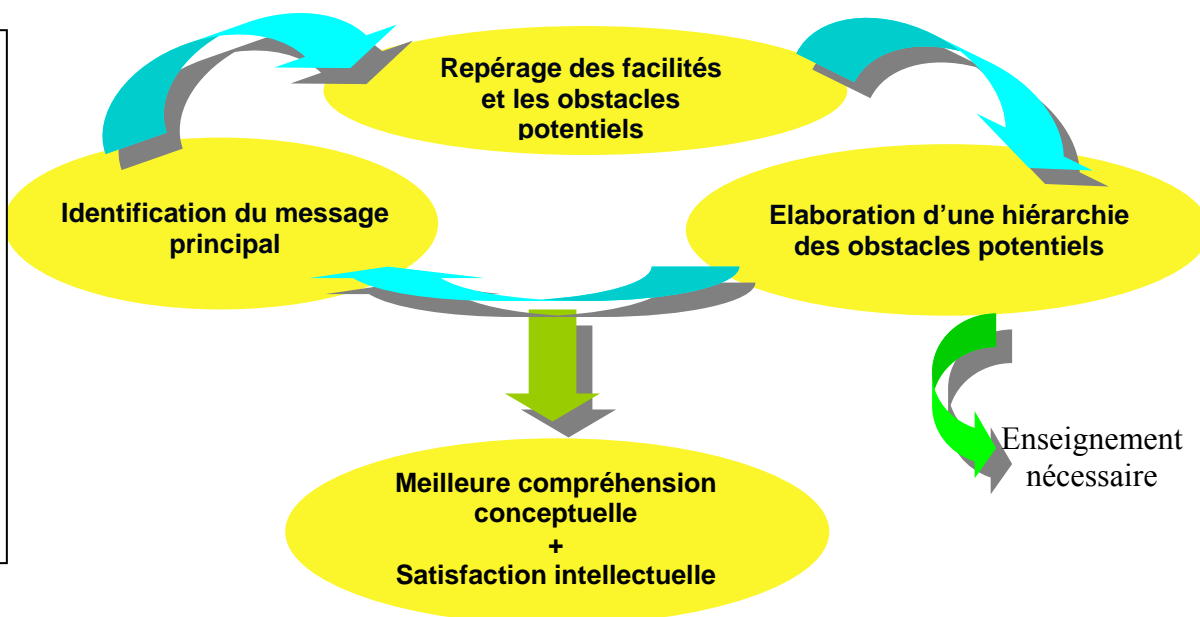
contribuent toutes, du moins est-ce l'intention de l'auteur, à la compréhension du message principal.

- ↪ La réduction scolaire est une tendance très prégnante dans l'approche que les élèves ont d'un DONS. Il s'agit, rappelons-le, d'une limitation de l'étude du document à l'acquisition des concepts au programme de la classe, au détriment d'une approche critique. Comme deuxième conséquence, il nous semble que l'approche purement scolaire tend à faire perdre le bénéfice de l'effet accrocheur du document, c'est-à-dire du supplément de motivation convoité. Nous avons d'ailleurs repéré, dans le cadre de notre investigation sur l'exploitation des sorties muséales, que les professeurs stagiaires étaient confrontés à un dilemme lié à la crainte que le travail demandé aux élèves n'interfère avec le côté motivant ; mais le travail qu'ils suggéraient de demander aux élèves s'inscrivait systématiquement dans une approche purement scolaire. C'est, par conséquent, vers une approche critique du document que nous orienterons notre démarche, qui vise donc à limiter les effets de la réduction scolaire, sans pour autant adopter, à l'autre extrême, une démarche de réduction anti-scolaire qui négligerait les aspects conceptuels.
- ↪ L'approche critique, dans cette étude, se porte vers la recherche des invraisemblances présentes dans le document et des facilités employées par le concepteur (« EFOP » voir p. 31). C'est à ce niveau que des précisions, des rappels, des approfondissements sur les concepts seront nécessaires afin que les élèves puissent situer plus aisément ces facilités. Une fois celles-ci détectées se pose la question de hiérarchiser les risques qu'elles engendrent au niveau conceptuel. Nous convenons que parvenir à une autonomie des élèves dans cette démarche est un objectif ambitieux, qui ne pourra probablement être atteint que par un travail à long terme, dépassant le cadre de quelques séances réparties dans une année scolaire, mais pour autant nous nous réservons d'observer les éventuelles évolutions sur ce plan.
- ↪ Les élèves identifient assez facilement les éléments du document qui lui donnent son caractère accrocheur. Néanmoins, certains semblent associer dans un premier temps le statut « accrocheur » à une compréhension plus facile. L'enjeu est d'amener les élèves à discuter ce lien, à la faveur de l'éventuel développement d'une satisfaction liée à une compréhension approfondie.

Nous pouvons symboliser les hypothèses issues de nos recherches préliminaires comme en figure 1.

Figure 1 :
« La boucle vertueuse »

Hypothèse d'un réseau de relations entre les différents aspects du travail critique sur l'étude d'un DONS.



Celle-ci résume les relations hypothétiques sur lesquelles nous fondons le dispositif didactique envisagé. Leur présentation en forme de « boucle vertueuse » signale qu'il ne s'agit pas tant d'une séquence temporelle recommandée, avec point d'entrée obligé, que d'aspects s'appuyant l'un sur l'autre en synergie.

Il s'agit dans la suite, de la mise en place d'une intervention dont la structure se fonde sur cette boucle de relations et sur laquelle nous comptons pour relever des indices quant à sa validité.

2. METHODOLOGIE

Le travail de guidage a été réalisé avec une classe de seconde générale et s'est étendu sur une année scolaire. Nous insistons sur le fait que ce travail a été totalement intégré à la progression de l'année, et que, chaque fois, le programme a pu être traité dans son intégralité. Ce point nous paraît particulièrement important car l'opposition principale que l'on rencontre de la part des professeurs à la mise en place d'un travail quelque peu en marge des séquences habituelles est le manque de temps (quand ce n'est pas la « perte de temps ») que provoque ce type de démarche. De notre point de vue, le travail que nous proposons s'inscrit en complémentarité et non en concurrence du travail habituellement mené par les professeurs.

Le travail a ensuite été répété deux autres années dans le même établissement avec le même enseignant-chercheur, auteur de cette thèse, si bien qu'au total nous disposons de trois années consécutives de travail de guidage avec des classes de seconde générale très similaires, avec chaque fois un effectif d'environ 30 élèves. Nous convenons, comme signalé en introduction, que cette identification du chercheur et de l'enseignant désigne ce travail comme tout à fait préliminaire. Il assure une bonne coïncidence entre les intentions didactiques de la séquence et l'approche didactique effectivement mise en œuvre, mais laisse entier celui de l'appropriation par un autre enseignant (vois notamment le projet STTIS, 2000, sur les transformations le plus souvent induites à ce niveau). Nous reviendrons en conclusion sur les informations recueillies dans cette recherche qui sont de nature à augurer des chances

de reprise effective de ce type de démarche par d'autres enseignants, au-delà du format adopté : celui d'une intervention non invasive par rapport au cursus classique à ce niveau.

Les deux documents « ET » et « Galaxies » ont été utilisés pour former les élèves en regard des objectifs que nous nous sommes fixés. Le document « matière » a, lui, été utilisé comme élément d'évaluation pour déterminer quelle était la progression des élèves sur les critères fixés. Un questionnaire sur ce document a donné lieu à un travail noté, effectué à la maison par les élèves.

Chaque année, une séquence complète a été découpée en 5 séances de classe:

- 1) Réponse au questionnaire « ET ». (20min, en classe entière)
- 2) Analyse des réponses avec les élèves et guidage sur ce document. (1h30, en demi classe)
- 3) Réponse au questionnaire « Galaxies ». (20min)
- 4) Analyse des réponses avec les élèves et guidage sur ce document. (1h30)
- 5) Synthèse sur le travail rendu par les élèves sur le document « matière » (1h)

Lors des séances 1) et 3) on demande simplement à l'élève de lire le document et de répondre à un questionnaire. Le questionnaire ne comporte que deux questions, ouvertes, identiques pour les deux documents :

- 1) Quel est le message principal de ce document ? Que cherche-t-on à nous faire comprendre ?
- 2) Remarques ? Commentaires ? Critiques ?

Comme nous pouvons le remarquer, comparativement au travail conduit dans la phase préliminaire (voir partie 2), le questionnaire a été nettement simplifié. En effet, cette étude préliminaire nous a montré que les élèves donnent des éléments de réponses qui peuvent se croiser entre les différentes questions. Autrement dit, un élève peut, par exemple, formuler une critique dans la réponse à la question X alors qu'elle était attendue à la question Y. Ceci nous a amené à traiter les réponses de façon transversale, c'est-à-dire en cherchant, d'après les critères fixés, les réponses qui correspondent à ces critères, et ce, quelle que soit la question posée. Dans l'objectif de cette séquence de guidage, nous avons donc grandement simplifié le questionnaire préliminaire. Se limiter à deux questions est également un moyen d'insérer cette démarche de manière non invasive par rapport au programme de l'année et ainsi de limiter cette première séance à une vingtaine de minutes.

La question 1 vise à repérer si l'élève est en mesure de formuler une synthèse du message principal pour le confronter au message principal que nous avons choisi comme référence. Le « Que cherche-t-on à nous faire comprendre » est une reformulation qui vise à préciser ce que l'on entend par « message principal » ; cette reformulation nous a semblé nécessaire pour des élèves de 2^{nde}.

La question 2 offre la possibilité de formuler des remarques ou critiques sur le document. En effet, comme nous l'avons décelé, l'analyse critique peut s'exercer chez les élèves si on leur en laisse l'opportunité. La question se veut particulièrement ouverte et vague dans sa formulation afin de ne pas orienter artificiellement la critique. Notre objectif étant de savoir si la critique s'oriente spontanément vers le conceptuel, si les éléments facilitateurs (EF) sont effectivement repérés sans sollicitation explicite, et s'il existe une hiérarchisation des obstacles potentiels (OP) associés.

Lors des séances 2) et 4) conduites en demi groupe, il s'agit de présenter aux élèves une sélection de leurs réponses aux questionnaires. Après quelques minutes de réflexion où l'on demande à chacun de formuler son accord ou son désaccord sur chaque proposition sur le papier, un débat s'engage. Le professeur guide ce débat et propose éventuellement une explication complémentaire lorsque la situation l'exige. Le débat est orienté de manière à répondre aux objectifs fixés plus haut. Au cours de la séance, cette méthode est appliquée à trois reprises correspondant aux trois thèmes que l'on veut développer à savoir :

- L'identification de message principal.
- Le repérage des facilités employées et la hiérarchisation des risques associés (EFOP).
- Le jugement des élèves sur la qualité du document et l'intérêt qu'ils y portent.

Les listes des réponses soumises aux élèves et les questions qui ont guidé les débats seront précisées ultérieurement, lors de l'analyse de chaque séance. D'une façon générale, le choix des commentaires figurant dans cette liste est du ressort du professeur/guide. Ce choix vise à faire apparaître toutes les tendances relevées dans les réponses du groupe. La liste doit être limitée pour que le débat ne s'éternise pas et il faut éviter les formulations trop ambiguës ou polémiques qui risqueraient d'entraîner le débat sur une fausse piste. Quelques détails de cette nature seront fournis lors de la présentation des séances.

Les interventions du professeur/guide doivent être considérées comme celle d'un professeur en exercice et non comme celle d'un chercheur. Autrement dit, aucune des interventions n'est prévue à l'avance afin d'assurer le maximum de spontanéité. Le professeur propose de réagir sur l'un des commentaires d'élèves, la discussion s'engage jusqu'à parvenir à une conclusion provisoire et le processus se répète. Il y a, à ce niveau, une importante variabilité à attendre de la part des élèves, et donc une grande adaptabilité à mettre en œuvre de la part de l'enseignant-guide. Il n'est pas nécessaire de traiter tous les commentaires présentés (il y a, répétons-le, un choix délibéré à respecter le temps imparti à la séance, le professeur-guide étant responsable de la gestion du temps). Le but est d'une part d'être progressif dans l'approche de l'objectif (message principal, hiérarchisation des EFOP, intérêt du document), et d'autre part, de valoriser les interventions des élèves et de parvenir à une synthèse que le groupe puisse formaliser.

Au cours des deux premières années, les séances 2) et 4) ont été filmées. Sur les six heures de film au total, seuls les passages qui nous ont semblé alimenter de manière intéressante la réflexion sur ces séances de guidage ont donné lieu à une reproduction dans ce document.

Concernant le document « Galaxies », un travail supplémentaire a été mis en place au cours de la séance 4) afin d'aborder avec les élèves l'effet Doppler-Fizeau. Ce travail s'avérerait nécessaire pour la hiérarchisation des risques associés aux facilités employées. Il sera détaillé un peu plus loin dans cette partie.

Enfin, la séance 5) consiste à faire le point sur le devoir rendu par les élèves sur le document « Matière ». Elle se présente comme une « correction » afin de renforcer ce qui a pu être acquis par les élèves ou de poursuivre le travail. Cette séance n'a pas donné lieu à une analyse. Par contre le travail rendu par les élèves a, lui, été analysé afin de déterminer leur progression éventuelle par rapport aux résultats relevés après les séances sur les documents

« ET » et « Galaxies ». Cette analyse nous servira pour évaluer la pertinence du travail et l'intérêt que les élèves y ont porté.

Présentation synthétique des séances :

Année et effectif	Document	Séances/ durée
Année 1 N=30	Document « ET »	Séance 1 : questionnaire papier (20min) Séance 3 : débat* filmé (1h30)
	Document « Galaxies »	Séance 2 : questionnaire papier (20min) Séance 4 : débat* filmé (1h30)
	Document « Matière »	Analyse du travail rendu par les élèves puis Séance 5 : correction du devoir (1h)
Année 2 N=33	Document « ET »	Séance 1 : questionnaire papier (20min) Séance 3 : débat* filmé (1h30)
	Document « Galaxies »	Séance 2 : questionnaire papier (20min) Séance 4 : débat* filmé (1h30)
	Document « Matière »	Analyse du travail rendu par les élèves puis Séance 5 : correction du devoir (1h)
Année 3 N=31	Document « ET »	Séance 1 : questionnaire papier (20min) Séance 3 : débat* non filmé (1h30)
	Document « Galaxies »	Séance 2 : questionnaire papier (20min) Séance 4 : débat* non filmé (1h30)
	Document « Matière »	Analyse du travail rendu par les élèves puis Séance 5 : correction du devoir (1h)

Tableau 3.1 : Récapitulatif du recueil de données dans la phase de guidage.

** en demi-classe*

3. ANALYSE DES SEANCES DE GUIDAGE

3.1. Séance 1) : questionnaire sur le document « ET ».

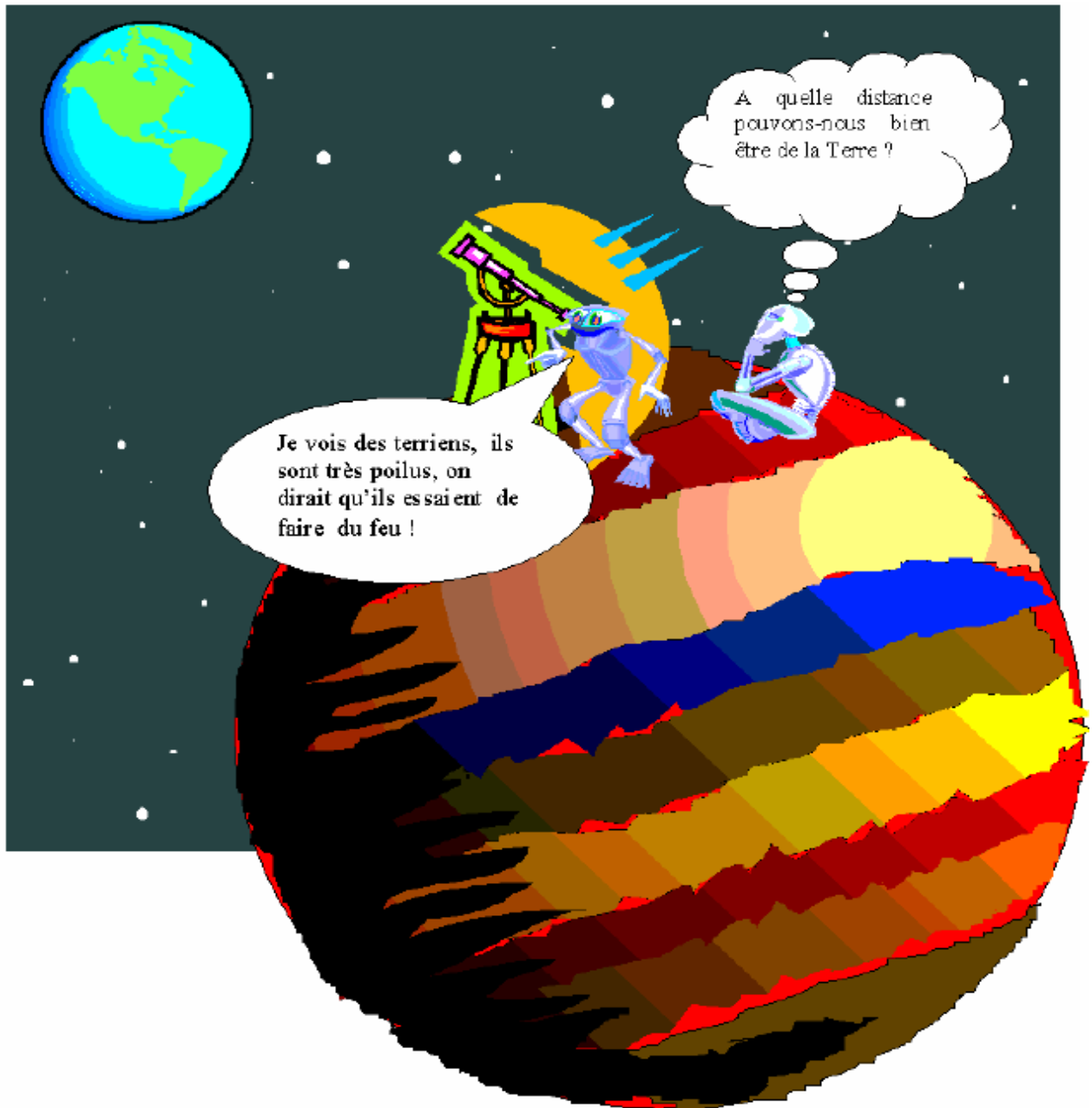
Le travail exploratoire effectué dans la première phase nous a permis de préciser les objectifs de ces séances de guidage tout en explorant les réactions aux DONS que nous avons sélectionnés. Ceci nous a conduit à réutiliser les mêmes documents, en particulier le document « ET », dans cette phase de guidage.

Cependant, comme nous l'avons expliqué dans la présentation des documents, nous ne souhaitons pas que l'élève se retrouve d'emblée devant une situation-problème évoquée par le document, qui risquerait d'induire un effet de réduction scolaire. Nous avons donc choisi de modifier celui-ci de façon à faire disparaître la question posée et la remplacer par un petit texte censé appuyer la compréhension de phénomène décrit (voir le document modifié ci-après).

Signalons que le travail qui suit n'est pas une simple répétition de ce qui a été fait dans la phase exploratoire des deux premières années. Il s'agit ici de repérer les réactions des élèves au document afin qu'elles servent de support aux séances de guidage qui suivront. Cependant, nous nous attendons à des résultats similaires dans les réponses à nos questionnaires. Nous nous attacherons donc dans cette analyse à faire ressortir les points communs et les différences notables (notamment concernant l'identification du message principal, la présence éventuelle d'une réduction scolaire, la difficulté de relier les zones entre elles...) par rapport à la première phase du travail, qui rappelons-le, a été réalisée avec d'autres élèves.

Document modifié

Une image...en différé !



La scène se passe en l'an 2000.

On peut se demander si l'extra-terrestre peut répondre à la question. En fait, s'il savait à quelle époque les hommes ont domestiqué le feu, il pourrait en déduire que la Terre se trouve à 300000 années-lumière de cette planète, soit environ 3.10^{18} km. Cela montre que la propagation de la lumière n'est pas instantanée.

Nous débuterons par la présentation des réponses des élèves au questionnaire.

Rappelons les deux questions posées aux élèves :

- 1) Quel est le message principal de ce document ? Que cherche-t-on à nous faire comprendre ?
- 2) Remarques ? Commentaires ? Critiques ?

3.1.1. A propos du message principal

Nous considérons ici que le message principal de ce document est conforme à la formulation suivante (« de référence ») :

La vitesse de la lumière étant finie, l'information portée par la lumière nous parvient décalée dans le temps, ce qui, pour d'importantes distances, porte à conséquence.

L'analyse des réponses à la question 1) permet de situer ces élèves – destinés à participer à notre intervention didactique - par rapport aux catégories exclusives que nous avons repérées dans le travail préliminaire, à savoir :

1° le message est totalement incompris : l'explication donnée par l'élève est fausse du point de vue de la physique ou n'apparaît pas en rapport avec le message de référence.

2° la formulation de l'élève est partielle ou ambiguë, elle ne permet pas d'affirmer qu'il a compris (nous y avons également inclus les cas des élèves qui ont paraphrasé intégralement le texte associé à l'image du document), ni que le message est totalement incompris, elle ne peut pas non plus se réduire à l'une des deux catégories suivantes.

3° L'élève estime que l'objectif du document est le calcul de la distance ET/Terre.

4° La réponse donnée se limite à une phrase slogan du type « voir loin, c'est voir tôt ».

5° L'explication a été jugée explicite et conforme au message principal de référence.

Nous regroupons ici les résultats obtenus sur les trois années consécutives (N=94) :

1° Message non compris	3
2° Explicitation partielle	11
3° Calcul de la distance	23
4° Slogan	4
5° Conforme à notre référence	53
Total	94

Tableau 3.2 : Réponses des élèves sur l'identification du message principal dans la phase de guidage par catégories exclusives (voir texte), (années 1, 2, 3).

Nous fournissons ici des citations d'élève pour chacune des catégories :

➤ 1° Message non compris :

« Le document veut nous montrer que toutes les planètes sont différentes, et que selon les conditions climatiques « les coutumes » varient car l'extraterrestre dit que les terriens essaient de faire du feu ».

« Ce document dit que les ET sont moins intelligents que nous car cela fait très longtemps que nous avons découvert le feu »

➤ 2° Compréhension partielle

« Ce document veut nous montrer une image en différée (sic) »

*« L'objectif est de nous faire comprendre que la propagation de la lumière n'est pas instantanée... Donc, j'en déduis que **la vitesse de propagation de la lumière est variable** selon la distance qui sépare la lumière de celui qui la reçoit »*

Dans cet exemple, la compréhension peut être jugée partielle : prise *stricto sensu* cette formulation est fausse du point de vue de la physique, mais l'élève semble avoir eu un problème de formulation car en remplaçant « vitesse » par « durée » la proposition devient tout à fait correcte.

➤ 3° Calcul de la distance :

« On cherche à nous expliquer qu'avec une durée, un temps, on peut définir une distance en fonction de la propagation de la lumière »

« On cherche à nous faire comprendre que la Terre est située à 300000 années-lumière de la planète où se trouvent les ET »

« On peut calculer la distance entre deux planètes si l'on sait en quelle année les hommes ont domestiqué le feu »

➤ 4° Slogan :

« On cherche à nous faire comprendre que voir loin c'est voir tôt ; plus on est loin, plus on voit tôt les images qui apparaissent »

➤ 5° Conforme au message de référence :

« On cherche à nous expliquer que la lumière met un certain temps à parcourir une distance. Donc, si des personnes regardent la Terre d'une autre planète, ils ne verront pas ce qu'on fait en temps réel car il faudra le temps que la lumière parvienne jusqu'à eux. Ce moment sera donc passé pour nous quand ils le verront. Ils nous voient avec un décalage plus ou moins grand selon la distance où ils se trouvent »

Dans un premier temps, on peut constater que les réponses jugées conformes à notre référence représentent un taux équivalent à celui trouvé dans la phase exploratoire. En effet, 57/94 (61%) des élèves semblent identifier le message principal alors qu'ils étaient environ 60% dans la phase antérieure (en y incluant, dans les deux cas, ceux qui se contentaient de la phrase slogan : « voir loin, c'est voir tôt »).

Les élèves qui se centrent sur le calcul de la distance et qui de notre point de vue expriment une réduction scolaire représentent 24% (23/94) de l'ensemble, soit près d'un quart des réponses. A titre de comparaison, la première phase avait donné lieu à un taux de 16% (20/128, voir tableau 2.2 p.104). Ce maintien d'une approche scolaire réductrice est d'autant plus surprenant que nous avons modifié le document afin de faire disparaître la situation problème présentée dans le document initial et qui incitait au calcul. Il nous semble donc, que l'intention de présenter une situation problème à elle seule ne peut expliquer la présence de cette réduction scolaire. Il s'agit sans doute d'un phénomène très ancré dans les pratiques des élèves : à l'école, on cherche à réinvestir ses connaissances.

Enfin, 14 élèves (15%, ligne 1 et 2 en tableau 3.2 p.155) ont des difficultés plus ou moins manifestes à identifier le message principal. Ajoutés au groupe précédent, ils portent à près de 40% le taux des élèves qui distinguent mal l'objectif principal du document. C'est une confirmation que le message principal n'est pas si accessible qu'il peut le paraître.

Dans un premier temps, la phase de guidage aura donc pour objectif d'aider les élèves à identifier le message principal et tentera donc de réduire les effets de la réduction scolaire.

3.1.2. Le regard critique des élèves sur le document

Dans cette partie, nous analysons les réponses des élèves à la question 2) (Remarques ? Commentaires ? Critiques ?). La question posée se voulait la plus générale possible, sans orientation particulière afin de repérer une relative spontanéité des élèves dans l'attitude critique qu'ils pourraient avoir envers ce document.

Nous avons conservé les critères de la phase de recherche antérieure pour déterminer les catégories de réponses des élèves. Nous les rappelons ici :

- La Terre est représentée trop grosse ou trop proche
- La disproportion ET/Planète ou le dessin n'est pas à l'échelle
- Mise en cause du pouvoir séparateur du télescope
- Détails anecdotiques (seulement deux ET, nom de la planète inconnu, les ET parlent le français, existence des ET, etc....)
- Critiques d'ordre général (dessin peu clair, pas réaliste...)
- Pas de commentaire (sont également comptabilisés dans cette catégorie les élèves qui en répondant ne formulent aucune critique et ne font que prolonger leur réflexion à propos de la question 1.

Nous rappelons que les catégories retenues ici visent à observer une éventuelle hiérarchie des EFOP comme explicité dans la partie 2.

Nous présentons l'ensemble des réponses des élèves sur les trois années. Là encore, un élève pouvant formuler plusieurs critiques dans une même réponse, les chiffres représentent le nombre d'occurrences relevées pour chaque catégorie :

Catégories	Occurrences (N=94, réponses multiples)
Terre trop grosse	9
Disproportion ET/Planète	8
Pouvoir séparateur du télescope	11
Détails anecdotiques	17
Critiques d'ordre général	59
Pas de commentaire	13

Tableau 3.3 : Critiques des élèves sur le document « ET » et fréquences associées (années 1, 2,3).

Nous avons sélectionné quelques réponses d'élèves par catégorie :

- La Terre est représentée trop grosse ou trop proche :

« Document clair et précis, facile à comprendre, mais la taille de la Terre pas assez réelle par rapport à la distance donnée ».

« (...) Cependant, les proportions ne sont pas respectées ; on voit bien que la Terre est trop proche... » .

« Echelle mal choisie, car on a l'impression que les ET sont justes à coté de la Terre ».

« Si la Terre se trouvait à 300000 années-lumière de cette planète, ces individus n'auraient pas la possibilité de discerner les activités des terriens avec une simple

longue vue. De plus, avec une telle distance, la Terre ne serait dans le dessin qu'une tache ».

➤ La disproportion ET/Planète ou le dessin n'est pas à l'échelle :

« Les dessins sont pas terribles et la proportion de grosseur des ET par rapport à leur planète n'est pas réaliste ».

« On peut voir que les ET font environ 1/4 du diamètre de la lune. Ce qui nous offre deux possibilités : soit la lune a été dessinée trop petite, soit les martiens sont très très grands ».

➤ Mise en cause du pouvoir séparateur du télescope :

« Il est impossible d'avoir une telle précision avec une lunette astronomique ».

« Un télescope comme celui-ci ne peut pas voir à 10^{18} km ».

➤ Détails anecdotiques :

« Les ET parlent le français... ».

« Il n'y a que deux habitants sur la planète ET ».

➤ Critiques d'ordre général :

« C'est un document intéressant qui facilite la compréhension de l'image en différée ».

« C'est plus facile à comprendre un dessin qu'un texte ».

« Je n'aime pas ce document ».

« Je trouve que ce document est un très bon moyen de nous faire réfléchir par rapport à la propagation de la lumière. Il est difficile de comprendre les explications données : je ne comprends pas le lien entre l'invention du feu et la distance de la Terre à cette planète ».

« Le dessin n'est pas très compréhensible si on ne met pas le texte ; il est pas très compréhensible et pas très clair ».

« Ce dessin nous apprend des choses intéressantes sur la lumière tout en étant assez caricatural. Ce qui permet de le rendre simple à comprendre, avec des schémas enfantins. Toutefois, une personne qui n'a jamais entendu parler des années-lumière aura, je pense, du mal à comprendre ».

« Ce document est trop implicite car on ne nous dit pas clairement les choses ».

- Les critiques se sont largement exprimées dans cette question. Seuls 13 élèves (14%) ne formulent aucune critique. On peut donc penser que s'appuyer sur le regard critique des élèves pour construire une séance est tout à fait envisageable.
- La grande majorité (63%) des élèves formule des critiques d'ordre général qui expriment un positionnement par rapport au document (on aime, on n'aime pas, c'est intéressant, c'est bien fait...). Ce qui n'exclut pas qu'un élève, qui donne une impression générale sur le document, puisse dans le même temps formuler une critique plus précise (comme « la Terre est trop grosse »). Mais, le plus souvent, ces deux expressions, lorsqu'elles coexistent, sont mises sur un même plan : il n'y a pas de hiérarchisation spontanée des critiques formulées par les élèves.
- 10% environ des élèves mettent en cause le pouvoir séparateur du télescope. Cette incohérence est indirectement associée à la distance Terre-Planète. En effet, si le pouvoir séparateur du télescope est mis en cause, c'est parce que la taille des objets observés par rapport à la distance en jeu rend techniquement impossible cette observation. Par conséquent, il n'est pas aisé de savoir si l'élève doute uniquement de l'aspect technique ou s'il est conscient du rôle joué par les besoins de l'illustration dans l'incohérence entre les ordres de grandeur suggérés.
- Environ 10% des élèves signalent que la représentation de la Terre n'est pas correcte. Y voient-ils pour autant un problème de cohérence ? C'est-à-dire, sont-ils conscients que cette représentation est en opposition avec le message principal censé être véhiculé par le document ? On peut en douter, mais des indices nous montrent aussi que certains élèves ne sont pas si loin d'une analyse aussi fine, comme en témoigne cet exemple de réaction :

A la première question, l'élève montre qu'elle a compris le message :

« ... On cherche à nous faire comprendre qu'il faut un certain nombre d'années pour que la lumière nous parvienne, d'où le titre « une image en différé » ».

A la seconde question, l'élève semble dubitative :

« ... J'ai l'impression qu'il y a quelque chose de pas cohérent dans ce document : C'est bizarre que la scène se passe au XXIème siècle et que les ET voient à peine les hommes en train d'essayer de faire du feu »

L'élève a-t-elle réellement compris ? Il se peut que ce doute provienne de ce que le décalage temporel n'est pas crédible par rapport au décalage spatial représenté par l'image.

Il s'agit d'une simple hypothèse, mais elle peut servir de point de départ intéressant pour le développement d'une séance de guidage sur la hiérarchisation des risques associés aux facilités employées dans le document. Il nous appartiendra de faire comprendre aux élèves qu'un doute dû à la représentation de la Terre n'est pas

susceptible d'avoir les mêmes conséquences que le doute sur l'existence des ET, par exemple, pour la compréhension du message principal.

3.1.3. Du pouvoir accrocheur du document à la motivation des élèves

Comme nous le remarquons, 63% des élèves formulent des remarques ou critiques d'ordre général. Sur ce contingent relativement important, nous avons pu détecter des signes de satisfaction ou d'agacement, ou des commentaires plus précis. Nous avons souhaité relever les raisons de leur éventuelle satisfaction et savoir en partie, si le côté attractif du document leur suffisait de ce point.

De ce fait, nous avons classé les remarques des élèves suivants 7 catégories (exclusives) :

- Commentaire qui donne une impression plutôt positive du document, mais reste global.
- Commentaire qui donne une impression générale plutôt négative du document, mais reste global.
- Commentaire qui laisse entendre que le document est plus attractif qu'un texte scientifique, un manuel scolaire ou le cours.
- Commentaire qui laisse entendre que le document est plus facile à comprendre qu'un texte scientifique, un manuel scolaire, ou le cours.
- Commentaire qui met en avant le côté amusant, attrayant, humoristique ou ludique du document, sans comparaison avec un texte scolaire ou scientifique.
- Commentaire partagé, de la forme « c'est bien...Mais... ». (Le « Mais » pouvant être suivi d'un commentaire général négatif ou bien de critiques plus précises comme la taille de la Terre, le pouvoir séparateur du télescope...)
- Autres

Les résultats exprimés ici, portent sur les 59 élèves qui ont formulé des critiques d'ordre général. Le tableau suivant regroupe les résultats par catégories :

Commentaires	Nombre d'élèves concernés (N=59)
Impression générale plutôt positive du document.	18
Impression générale plutôt négative du document	11
Le document est plus attractif qu'un texte scientifique	3
Le document est plus facile à comprendre qu'un texte scientifique	3
Mise en avant du côté amusant, attrayant, humoristique ou ludique	8
Commentaire partagé, de la forme « c'est bien...Mais... »	9
Autres	7

Tableau 3.4 : Répartition des critiques d'ordre général en termes de qualités du document (années 1, 2, 3), (catégories exclusives).

Impression laissée aux élèves par le document

- Si l'on exclut ceux qui manifestent une impression générale négative, et ceux qui semblent partagés, 32 élèves (soit 54% des jugements d'ordre général exprimés) ont une vision plutôt positive du document. On est loin cependant d'obtenir une adhésion totale : 20 élèves (soit 34%) ne semblent pas être convaincus par l'intérêt ou la qualité de cette présentation.

Voici quelques exemples qui mettent en évidence ce contraste :

« Je pense que ce document est bien car il nous donne des explications imagées »

« Le document est assez implicite et difficile à comprendre. L'exagération entre les hommes préhistoriques et les ET est très mal interprétée »

« Ce document exprime d'une autre manière les années-lumière. Il pourrait être un bon document à exploiter »

« C'est un bon document, intéressant, qui facilite la compréhension de l'image en différé »

« Ce document est bien car il est simple à comprendre car le dessin est assez bien et assez explicatif et le texte est court avec des mots pas compliqués »

« Quelqu'un qui n'a pas étudié le phénomène ne peut pas comprendre tout seul ce que l'image veut nous montrer »

A propos de l'effet accrocheur

- 3 élèves disent que le document est plus accrocheur qu'un texte scientifique ou qu'un cours, et 3 élèves disent que c'est plus facile à comprendre (sous entendu, que le cours ou un texte scientifique).

En voici quelques exemples :

« Ce document est plutôt clair, car il nous fait passer un message de manière humoristique ; c'est plus facile à comprendre dans ces conditions »

« Ce document est très clair, on comprend bien mieux car c'est plus concret qu'en cours. Il est aussi plus facile à visualiser donc à retenir. »

Il n'y a pas de critique à faire sur ce document : il est clair, net et précis »

« C'est une bonne idée d'avoir fait ça ; le dessin est rigolo ; c'est un peu plus ludique qu'un livre « scolaire ». J'aime bien le petit ET ! »

« Ce document est bien car cela montre une façon amusante de comprendre certaines idées »

« On peut plus facilement comprendre une bande dessinée qu'un texte scientifique »

- Bien que l'effectif relevé dans cette catégorie soit faible, nous pouvons constater que l'effet accrocheur proposé par ce document n'est pas sans influence sur les élèves. Il faut y ajouter les 8 élèves (14%) qui mettent en avant le côté ludique du document :

« Dessin humoristique, texte clair, avec des infos précises sur le sujet »

« ...Utiliser un support humoristique permet de mieux comprendre certains phénomènes physiques... »

« Je pense que ce document est intéressant puisqu'il nous fait passer une explication claire à travers un dessin humoristique »

« C'est ludique et en même temps complet ; on comprend très bien ce que le document veut nous apprendre »

Au total, pour les trois catégories que nous avons envisagées, 14 élèves (24%) semblent relier plus ou moins directement le côté ludique et attractif à une compréhension plus facile.

- Pour autant, ce n'est pas l'avis général. Pour d'autres élèves, le fait que ce soit plus attractif, ne veut pas dire que l'on va comprendre plus facilement. C'est ce que tend à prouver l'existence de 9 élèves (15%) qui ont un avis partagé. Le « C'est bien...Mais... », s'articule toujours suivant cette logique : « Le document est sympathique...mais ceci, ou cela, n'est pas très clair » ; en voici quelques exemples :

« Le document est sympa, les explications au bas de page sont mal exprimées ; on ne sait pas où se trouvent les ET... »

« Pour moi, ce document est intéressant à étudier mais pour ceux qui ne connaissent pas cette « règle », l'explication n'est pas très précise »

« Ce document est humoristique ; il comporte des jeux de mots. Il est bien fait. Mais l' ET est un peu mal imaginé ! Pas très réaliste tout de même »

L'aspect ludique ou humoristique de ce document est donc bien moins souligné par les élèves qu'on ne pouvait s'y attendre. Cependant, au total, 23 élèves (soit 39%) semblent être sensibles à cet aspect ludique. A cet égard, il semble que nous puissions dire que si l'effet accrocheur d'un DONS n'est pas anodin, il n'apparaît pas constituer l'élément unique de la motivation des élèves. Nous souhaitons mettre à l'épreuve l'hypothèse qu'un facteur notable, sinon essentiel, de satisfaction s'attache à la compréhension approfondie sur le plan conceptuel du document proposé, l'aspect accrocheur ne constituant qu'une porte d'entrée plus large, pour un public plus vaste (et en particulier pour les élèves qui ne se destinent pas à des études scientifiques).

C'est au travers des discussions sur le document pendant la séance ultérieure de guidage que nous pourrions avoir des indications sur l'importance que les élèves accordent à cet aspect, et plus particulièrement sur les liens qu'ils établissent entre l'aspect ludique et une compréhension plus aisée. L'un des objectifs du guidage est de parvenir à ce que les élèves distinguent ces deux aspects.

3.2. *Séance 2) : Impact de la séance de guidage sur le document « ET ».*

3.2.1. **Présentation de la séance de guidage**

La séance de guidage s'est déroulée en plusieurs étapes (identifiées de A à G dans ce qui suit) étalées sur 1h20 environ avec une moitié de la classe (une quinzaine d'élèves) ; elle a été répétée une seconde fois avec l'autre moitié de la classe. Le même protocole a été repris les deux années suivantes avec deux autres classes. Les quatre séances des deux premières années ont été filmées (le travail a été conduit la troisième année sans être filmé).

- A. On présente aux élèves une sélection de leurs réponses à la question 1) sur l'identification du message principal, puis on leur demande dans un premier temps d'exprimer leur accord ou leur désaccord avec chacune des propositions.

Voici les propositions sélectionnées et rétro-projetées aux élèves :

A propos du message principal :

Parmi ces propositions, lesquelles vous semblent correctes ? Pourquoi ?

1/ « On nous fait comprendre que les distances gigantesques se mesurent en années-lumière et que l'on peut grâce à elles calculer la vitesse de la lumière, c'est-à-dire le temps que met la lumière pour leur parvenir de la Terre ».

2/ « On cherche à nous faire comprendre que la propagation de la lumière n'est pas instantanée car l'extra-terrestre qui vit en l'an 2000 voit une image de la Terre préhistorique ».

3/ « Plus on est loin, plus on voit tôt. Plus on est proche de la source, plus on voit tard. Ce document nous montre que par exemple lorsque l'on voit une étoile exploser et que cette étoile se trouve à 4 années-lumière, cela signifie que cette étoile a explosé il y a 4 ans ».

4/ « Le document nous fait comprendre que l'on ne voit pas tout instantanément et qu'il faut parfois plusieurs années pour que la lumière arrive ».

5/ « L'objectif de ce document est de nous faire réaliser l'immensité de la distance année-lumière ».

6/ « On cherche à nous faire comprendre que grâce à la vitesse de la lumière on peut calculer des distances »

7/ « L'objectif de ce document est de nous faire comprendre que les planètes sont à des distances immensément grandes les unes des autres ».

8/ « L'objectif de ce document est de nous montrer que la Terre est à 3.10^{18} km de cette planète ».

9/ « L'objectif de ce document est de voir que la lumière n'est pas partout pareil et que d'où nous nous trouvons on ne voit pas la même chose. On cherche à nous faire comprendre que la lumière n'arrive pas partout en même temps, et que le paysage n'est pas le même (dans l'univers) d'un endroit à l'autre ».

Le choix des commentaires de la liste

Comme expliqué précédemment, notre choix se fonde sur les principes suivants. Les commentaires présentés doivent illustrer les différentes tendances de réponses relevées au sein du groupe. Il faut exclure les commentaires marginaux, de formulation ambiguë ou polémique qui pourraient entraîner la discussion loin de notre objectif. Nous demanderons aux élèves de se prononcer sur deux points : d'une part, la proposition est-elle correcte du point de vue de la physique, d'autre part, est-ce le message principal de ce document ? Par conséquent, si possible, la liste doit comporter des réponses correctes du point de vue de la physique et d'autres non, et parmi les réponses correctes, certaines doivent correspondre avec le message principal et d'autres non.

Plus précisément,

Dans ce groupe, aucune formulation n'est incorrecte du point de vue de la physique. Seule la proposition 9 a une formulation qui peut être ambiguë et il peut être intéressant de lever cette ambiguïté avec les élèves :

« L'objectif de ce document est de voir que la lumière n'est pas partout pareil et que d'où nous nous trouvons on ne voit pas la même chose... »

Les propriétés de la lumière sont partout les mêmes (toutes choses égales par ailleurs) or la première partie de la phrase pourrait laisser croire le contraire ; ce que pourrait vouloir dire l'élève est que deux observateurs ne voient pas nécessairement la lumière d'une même source de façon identique en fonction de leur situation d'observation respective : à un instant t , les deux observateurs ne voient pas la même chose s'ils sont à des distances différentes de la source, ce qui du point de vue de la physique est tout à fait correct...

« ...On cherche à nous faire comprendre que la lumière n'arrive pas partout en même temps, et que le paysage n'est pas le même (dans l'univers) d'un endroit à l'autre ».

Ceci est compatible avec l'idée correcte que les deux observateurs peuvent bien voir la même image mais l'instant de réception varie. A un instant donné, chacun ne verrait donc pas le même « paysage ».

Cette question, un peu longue à aborder, n'a pas été traitée avec tous les groupes.

Les propositions 1, 5, 6, 7 et 8 se centrent sur la distance et ne donnent pas une synthèse du message principal. On distingue deux cas : les élèves qui se centrent sur la distance elle-même (5, 7, 8) et ceux qui se centrent sur son calcul (1, 6).

Les propositions 2 et 4 montrent une identification « conforme » du message principal.

La proposition 3 constitue un cas mixte, ou le slogan du cours s'accompagne d'un exemple de distance montrant sans ambiguïté une compréhension correcte du message principal.

D'un point de vue stratégique, les commentaires sont « brassés » afin de ne pas faire apparaître les catégories que nous venons d'évoquer.

- B. Après quelques minutes de réflexion, une discussion s'engage, orientée par le professeur. Elle a pour objectif de faire identifier par tous, le message principal.
- C. On applique le même principe qu'à l'étape A, mais cette fois en s'intéressant aux critiques formulées par les élèves.

Liste des propositions soumises aux élèves :

A propos de la crédibilité du document :

Les remarques qui suivent vous semblent-elles pertinentes ?

1/ « La planète où ils se trouvent doit être extrêmement loin puisque, étant en l'an 2000, ils voient les terriens pendant la préhistoire, et tout cela grâce à leur télescope qui ne semble vraiment pas puissant ».

2/ « Si ce document était vrai, on pourrait penser un jour connaître la naissance de la Terre. On se placerait à une distance inimaginable de la Terre et nous verrions alors la création de la Terre, puis des premiers êtres vivants jusqu'à notre époque suivant la distance d'observation ».

3/ « Il n'y a que 2 habitants sur la planète extra-terrestre ».

4/ « On ne sait pas quelle est la deuxième planète ».

5/ « Ce n'est pas possible de voir ces détails (les terriens sont poilus et ils essaient de faire du feu) avec un télescope surtout si l'on se trouve à 300000 années-lumière ».

6/ « - Ils voient la Terre avec un simple télescope.
- Echelle mal choisie car on a l'impression que les E.T. sont juste à côté de la Terre ».

7/ « Ce document est irréel car nous n'avons aucune preuve que les E.T. existent et utilisent des télescopes. En plus, les deux E.T. sont aussi grands que leur planète ».

8/ « Les dessins sont pas terribles et la proportion de grosseur des ET par rapport à leur planète n'est pas réaliste ».

9/ « Les E.T. parlent le français. Si la Terre est bien l'astre en gris alors le résultat est peut-être exagéré. Leur planète sort du décor pour montrer l'importance de la distance. Il est impossible d'avoir une telle précision avec une lunette astronomique ».

10/ « Taille de la Terre pas assez réelle par rapport à la distance donnée ».

11/ « ... cependant, les proportions ne sont pas respectées ; on voit bien que la Terre est trop proche et un télescope comme celui-ci ne peut voir à 3.10^8 km ».

Choix des commentaires de la liste

Les commentaires des élèves choisis répondent à l'une des 4 catégories que nous rappelons ici :

- La Terre est représentée trop grosse ou trop proche
- La disproportion ET/Planète ou le dessin n'est pas à l'échelle
- Mise en cause du pouvoir séparateur du télescope
- Détails anecdotiques (seulement deux ET, nom de la planète inconnu, les ET parlent le français, existence des ET, etc....)

La cinquième catégorie qui recense les critiques d'ordre général, notamment sur l'intérêt du document, sera prise en compte dans la troisième et dernière étape.

Plus précisément,

Les propositions 6, 9, 10, et 11 mettent en cause la représentation de la Terre.

La 7 met en cause l'échelle ET/Planète.

Les propositions 1, 5, 6, 9 mettent en cause le pouvoir séparateur du télescope.

On retrouve des commentaires sur des détails anecdotiques dans les propositions 3, 4, 7, 8, 9.

Notons que la proposition 1 pointe le contraste entre le pouvoir séparateur du télescope et la distance évaluée compte tenu du temps pris par la lumière pour effectuer le trajet, sans pour autant faire le rapprochement avec la taille de la Terre sur le document.

La proposition 2 peut être intéressante à discuter avec les élèves car elle peut permettre d'éliminer une idée fausse (on ne peut pas remonter le temps et observer la naissance de la Terre car il faudrait pouvoir se déplacer à une très grande distance plus vite que la vitesse de la lumière). Cela étant, nous observerons qu'elle conduit à un débat qui se prolonge et qui se détourne la hiérarchie des EFOP. Ce type d'intervention n'a pas été répété.

Là encore, les commentaires ont été « brassés » afin de ne pas faire apparaître la hiérarchie des EFOP de manière évidente aux élèves.

D. De nouveau une discussion s'engage autour des propositions des élèves. L'objectif est de faire en sorte que chaque élève puisse repérer les facilités employées par le concepteur du document, et, si possible, que chaque élève puisse y accorder une importance relative liée aux risques qu'elles engendrent d'un point de vue conceptuel. Le but est d'amener les élèves à une hiérarchisation des risques associés à ces facilités (EFOP).

- E. On répète une dernière fois le processus en présentant aux élèves une liste de critiques plus générales qu'ils ont faites, en particulier sur l'intérêt qu'ils portent à ce document.

Liste des propositions soumises aux élèves :

A propos de l'intérêt général du document :

Quel est votre avis sur les remarques suivantes ?

1/ « ... Bien que l'idée soit super bien trouvée pour prouver ou même caricaturer les lois physiques, ce dessin fait prendre conscience ».

2/ « C'est une façon attrayante de nous intéresser aux sciences. On nous donne en plus un exemple concret pour nous permettre de réaliser ».

3/ « C'est ludique et en même temps complet. On comprend très bien ce que le document veut nous apprendre ».

4/ « Doc. clair et précis, facile à comprendre... »

5/ « Le dessin aide à comprendre le texte, c'est pourquoi, si on enlève le texte du dessin, on ne voit pas très bien le but de celui-ci ».

6/ « « Ce document est bien fait car il explique clairement et simplement le problème de " l'image en différé " même s'il n'est pas forcément très réaliste (E.T. un peu caricaturés) ».

7/ « Pas très réaliste tout de même, mais on peut plus facilement comprendre une bande dessinée qu'un texte scientifique ».

8/ « Le document est bien fait car il explique la propagation de la lumière de façon simple et humoristique... on comprend mieux avec un dessin qu'avec un texte scientifique ».

9/ « J'ai mis 5 minutes à comprendre le truc. Je pense que les sous-titres pourraient être plus explicites. L'exemple d'observation pourrait lui aussi être plus explicite (comme avec les dinosaures, par exemple) car il existe encore des terriens poilus qui essaient de faire du feu, on appelle cela un camping ».

Choix des commentaires de la liste

Ces commentaires répondent aux critiques d'ordre général déjà relevées en phase exploratoire (voir 3.1.3 p. 161).

La sélection doit faire apparaître les différentes tendances :

Les élèves qui semblent satisfaits (1 à 4, 6 et 8) et ceux qui émettent des réserves (5, 7 et 9) sur le plan de la compréhension.

Les élèves qui comparent le document à un cours ou à un texte scientifique (7, 8).

Ceux qui mettent en avant l'aspect attractif d'une façon ou d'une autre (humoristique, ludique... ; 2, 3, 8)

Les élèves qui disent que le document facilite la compréhension (3, 4, 6, 8)

Ceux qui disent que le document n'est pas forcément très clair (5, 9).

L'objectif est d'amener la discussion sur le terrain de la comparaison entre ce qui est « plaisant » et ce qui est satisfaisant du point de vue de la compréhension (et de la rigueur).

- F. Une dernière discussion s'engage. L'objectif ici n'est pas de discuter sur les propositions qui sont présentées mais d'amener les élèves à argumenter autour de l'intérêt qu'ils portent au document, et de déterminer si les élèves distinguent le côté accrocheur du document de sa capacité à faire comprendre le concept abordé.

Comme nous l'expliquions, l'un des objectifs du guidage est que les élèves passent (par le biais de l'analyse critique) d'un intérêt basée sur des éléments de surfaces à une « satisfaction intellectuelle » fondée sur une meilleure compréhension du document. Il faudrait, dans cette perspective, qu'ils accèdent à l'idée qu'un document très attractif n'est pas nécessairement clair et rigoureux, même s'il suscite davantage l'envie de comprendre.

- G. Enfin, on demande aux élèves de s'exprimer à nouveau sur l'identification du message principal et sur les incohérences du document afin de déterminer une éventuelle évolution dans leur perception après cette séance de guidage (années 2 et 3) ou bien, on leur demande de proposer une modification éventuelle du document (année 1).

Notons que cette partie est propre à la recherche. Même si elle peut être éventuellement intéressante pour le professeur habituel de la classe dans le cadre d'une évaluation formative, elle n'est pas forcément nécessaire et le processus peut très bien se terminer à l'étape précédente.

L'analyse qui va suivre est articulée en trois parties qui correspondent aux trois thèmes abordés au cours de la séance (le message principal, les risques associés aux facilités, l'intérêt général du document).

La séance était d'une durée relativement importante, pour une plus grande visibilité des thèmes centraux que nous voulons exploiter, seuls les passages clés ont été retranscrits ici.

Description du déroulement de la séance :

Pour les quatre groupes filmés, l'attitude des élèves a été la même : les élèves ont lu avec attention les réponses projetées à l'écran. La plupart se sont sentis concernés par la discussion, et dans chaque cas, environ les deux tiers des élèves ont pris la parole au moins une fois. On a même pu constater que des élèves qui ne participent jamais au cours habituellement l'ont fait à cette occasion. Les élèves ont noté dans le silence la synthèse faite par le professeur-guide à

la fin de chaque partie. Comparativement à une séance de travail classique en demi-groupe, les élèves étaient davantage attentifs. La présence de la caméra y est peut-être pour quelque chose mais elle ne semble pas les avoir perturbés outre mesure, une fois les premières minutes passées. Ainsi, cela n'a pas empêché quelques rares élèves de bavarder.

3.2.2. Identification du message principal

Au cours du premier débat, l'objectif du guidage est d'amener les élèves à mieux identifier le message principal. L'idée est de demander aux élèves si les propositions qui sont présentées représentent, oui ou non, le message principal, et si ce n'est pas le cas, pourquoi.

Le passage retranscrit ici montre que les élèves sont tout à fait capables de mener une réflexion qui leur fait comprendre que le calcul de la distance Terre-Planète (ou même l'évaluation de la distance) n'est pas l'objectif principal du document « ET » :

Les réponses des élèves sont retranscrites en italique. Les élèves différents sont repérés par des lettres A, B, C etc....

« Le professeur-guide :

- Que pensez-vous de la proposition 5) : L'objectif de ce document est de nous faire réaliser l'immensité de la distance année-lumière ?

A- Bah non, puisque c'est pour comprendre que la lumière n'arrive pas instantanément.

- Donc que pensez-vous de ce que dit l'élève ? Est-ce que c'est faux ?

B- C'est pas l'objectif, c'est vrai mais c'est pas l'objectif principal.

- Donc c'est quoi l'objectif principal alors ?

C- Bah c'est de nous faire comprendre que la lumière met un certain temps à nous parvenir...

D- En fait c'est la 2) qui est correcte

- La 2) : On cherche à nous faire comprendre que la propagation de la lumière n'est pas instantanée car l'extra-terrestre qui vit en l'an 2000 voit une image de la Terre préhistorique. Qu'en pensez-vous ?

Collectif- Oui !

Le débat est lancé sur la place prise par la distance afin de faire comprendre que ce n'est pas le message principal.

Il s'agit ici de revenir sur la distinction « correct du point de vue de la physique / identification du message principal ».

On cherche à vérifier que le groupe adhère à cette idée pour le message principal. La réponse collective spontanée est un indice fort dans ce sens.

- Oui effectivement, celle-ci on peut dire qu'elle est correcte. Et si maintenant on s'intéresse à la 6) : On cherche à nous faire comprendre que grâce à la vitesse de la lumière on peut calculer des distances. Qu'en pensez-vous de la 6) ?

E- C'est vrai, mais c'est pas l'objectif du document. L'objectif, c'est comme on l'a dit avant, on voit la Terre en décalé dans le temps. Là c'est juste un autre sujet.

- Et grâce à la vitesse de la lumière on peut calculer des distances, c'est vrai ça ?

Collectif- Bah oui !

- Donc, c'est vrai, mais ce n'est pas l'objectif du document. »

Cette partie se termine par une synthèse faite par le professeur qui permet aux élèves de noter par écrit le message de référence.

Le déroulement de la séance laisse croire que les élèves identifient facilement le message principal. Ils repèrent très facilement que le calcul (ou l'idée) de la distance n'est pas l'objectif principal de ce document. Il n'y a pas eu besoin d'un long débat. Tout laisse croire que le message principal est une évidence. Rappelons qu'ils étaient pourtant 40% (voir tableau 3.2 p.155) à avoir eu des difficultés à l'identifier dans la situation antérieure de questionnement individuel.

Nous pouvons donc penser que le fait de faire réfléchir les élèves sur les propositions de chacun, et de clarifier collectivement le message principal a permis de dépasser rapidement les effets de la réduction scolaire dans l'expression du groupe concerné. Il est d'évidence, dans cette démarche, que les leaders (au sens scolaire du terme) ont un rôle crucial pour alimenter les discussions voire convaincre le reste du groupe. Néanmoins, l'absence de protestation individuelle lorsque le collectif semble converger vers une même opinion est un indice notable de l'identification du message principal par la majorité. Bien sûr, il reste possible qu'un élève n'ose pas manifester son désaccord mais le ton général des débats et l'absence d'enjeu en termes de note rend cette éventualité relativement peu crédible.

On peut penser que la réduction scolaire procède d'une tendance spontanée de l'élève à vouloir avant tout réinvestir ses connaissances. Celui-ci cherche, *a priori*, à répondre aux attentes de son professeur. Si l'on veut réduire les effets de la réduction scolaire, il semble utile que le professeur demande aux élèves de faire un type d'activité inhabituel. Il s'agit ici d'une part de bien identifier le concept abordé et d'autre part de porter un regard critique sur le document (ce qui constituera une seconde étape).

C'est le travail sur l'analyse critique du document que nous allons détailler dans la partie qui suit.

Réduire les effets d'un premier abord scolaire : il s'agit ici de faire remarquer que l'on peut calculer la distance mais que ce n'est pas l'objectif principal.

Adhésion collective et absence de protestation

3.2.3. Du repérage des facilités à la hiérarchisation des risques associés

La seconde partie de la séance a été consacrée à l'exercice de la critique par les élèves. L'idée de la démarche est de soumettre à l'approbation (ou à la désapprobation) de la classe une sélection des commentaires écrits des élèves. Chaque fois, on demande aux élèves si la remarque est pertinente et surtout on demande d'évaluer l'importance qu'elle a vis-à-vis du message principal et quels risques conceptuels cela engendre. On observe ainsi dans quelle mesure les élèves peuvent hiérarchiser ces risques.

Le passage qui suit, ponctué en colonne de droite par notre commentaire, montre des élèves qui, dès qu'on leur demande de se positionner, n'accordent pas la même importance à toutes les facilités :

« - Il n'a que deux habitants sur la planète ET. Que pensez-vous de cette affirmation ?

Pointer le caractère anodin d'un élément facilitateur (EF).

A - C'est vrai, mais c'est un dessin, on va quand même pas représenter toute la population qu'il y a sur Mars

Cela ne semble pas poser de problème.

- D'accord. La question est de savoir si cela vous gêne pour comprendre le message principal.

Cet EF peut-il être un obstacle potentiel (OP) ?

Collectif – Bah non, ça n'a pas d'importance !

- Oui et quoi d'autre ?

B – Par exemple la 3), Il n'y a que deux habitants sur la planète. Bah, on s'en moque...

On laisse les élèves faire de même avec un autre EF. La reproduction spontanée du processus est un indice de la progression des élèves.

- D'accord. Alors est-ce que c'est gênant ça ?

Collectif – Bah non !

- D'accord. Quoi d'autre encore ?

C – La 5). Bah, c'est vrai ça !

- Oui d'accord. Attendez je lis : Ce n'est pas possible de voir ces détails (les terriens sont poilus et ils essaient de faire du feu) avec un télescope surtout si l'on se trouve à 300000 années-lumière. Alors, qu'en pensez-vous ? Est-ce que ça peut gêner la compréhension du message principal ?

Spontanément, les élèves se tournent vers le problème du respect des échelles. On tente de les faire s'exprimer sur l'obstacle potentiel que cela peut représenter.

D – Bah non ! Respecter les échelles, c'est pas le but de l'auteur. Que le télescope soit grand ou petit ça ne change rien.

- D'accord.

E – Bah c'est par rapport à la 6). Il dit que l'échelle est mal choisie. Mais c'est pas du tout le but de l'auteur que de respecter les échelles.

C - Oui, on ne va pas dessiner une planète et puis l'autre à des milliers d'années-lumière ; on n'aurait pas la place.

D - En fait, la façon de nous montrer la chose, ça nous permet de mieux comprendre.

- D'accord, alors moi, je vous demande ce que vous pensez de l'élève qui a dit : on a l'impression que les ET sont justes à côté de la Terre.

C – Bah oui, c'est la seule qu'on voit à l'œil nu.

- Et alors, si l'on est si près, est-ce que la lumière va mettre 300000 années avant de nous arriver ?

D – Bah non, ça mettra beaucoup moins de temps.

- Alors posons nous la question dans l'autre sens : si on avait représenté la Terre à 300000 années-lumière, qu'aurait-on vu ?

Collectif – Bah rien !

F – Un point.

- Alors pourquoi l'auteur l'a-t-il représentée comme ça ?

G – Bah c'est pour comprendre que c'est la Terre.

- D'accord, alors si on fait la Terre comme un point, est-ce que l'on peut quand même comprendre le message principal ?

H – Bah oui, c'est ce qu'ils disent qui nous permet de comprendre : je vois des terriens...

- D'accord. Alors est-ce qu'il y avait besoin de représenter la Terre comme ça ?

Collectif – Non !

Les élèves semblent considérer cet EF comme anodin à l'instar des précédents.

Ebauche de considération du point de vue du dessinateur. Mais l'obstacle potentiel associé au non respect des échelles n'est pas repéré.

On tente d'amener le débat sur la représentation de la Terre...

Progressivement on pointe l'incohérence due à l'échelle de représentation de la Terre.

Il s'agit de faire prendre conscience que cette facilité à une raison d'être du point de vue de la lecture de l'image. Ce que les élèves repèrent facilement a priori.

La discussion de cette « raison d'être » conduit rapidement à sa remise en cause.

- Vous m'avez dit au départ : les histoires d'échelle, c'est pas grave. Alors qu'en pensez-vous ?

I – Bah oui, là c'est plus grave.

- Oui dans ce cas, ça peut induire en erreur. D'ailleurs, certains ont cru que la planète des ET était la Lune. Bien, alors reprenons : y a-t-il d'autres réponses que vous vouliez commenter ?

C – Bah les ET parlent le français. C'est pour simplifier, pour qu'on puisse les comprendre.

- Oui, encore une fois c'est une simplification. Est-ce qu'elle gêne pour la compréhension du message principal ?

D – Pas vraiment, non !

- Vous voyez, on est capable d'établir une hiérarchie : il y a des simplifications qui peuvent avoir des conséquences et d'autres dont on sait très bien que ce n'est pas un problème... Alors les ET sont aussi grand que leur planète, c'est encore une question d'échelle. Est-ce que cela vous paraît important ?

Collectif – Bah non !

- Il y a donc des problèmes d'échelles qui sont importants et d'autres qui ne le sont pas. »

L'idée de hiérarchie apparaît ici : l'élève prend conscience que la taille de la Terre revêt une incohérence et à une conclusion en terme de hiérarchie entre EFOP.

Appel à autres remarques...

Un autre élément facilitateur est repéré.

Rapidement, on en conclut qu'il ne constitue pas un obstacle potentiel à la compréhension.

En guise de conclusion, Reformulation de l'idée de hiérarchie et appel à un dernier exemple d'EF (largement repéré à l'écrit). La réponse collective immédiate est un indice de la compréhension de la hiérarchisation des EFOP par les élèves.

La hiérarchisation des risques associés aux facilités semble donc être à la portée d'une proportion non négligeable d'élèves pour peu qu'on les guide dans ce sens.

La répétition de cette phase avec le document « Galaxie » est là pour ancrer un peu plus ces premières bribes d'autonomie. Il sera intéressant de voir comment les élèves se comportent face à un document plus complexe.

3.2.4. Critique du document par les élèves et motivation immédiate

La dernière phase de cette séance vise à déterminer quel a été l'intérêt porté par les élèves au document « ET » et d'évaluer dans quelle mesure il est une source de motivation immédiate (nous n'abordons pas ici la question d'ensemble de la motivation pour les sciences). En outre, il sera intéressant de savoir si les élèves considèrent que l'effet

accrocheur est un élément facilitateur de la compréhension, et dans quelle mesure leur réflexion sur ce point peut mûrir.

Le passage sélectionné ici montre que ces élèves ne sont pas réticents à la démarche qui leur a été proposée, mais ils ne considèrent pas pour autant que le seul fait d'aborder un concept par un document de vulgarisation leur permettra de mieux comprendre.

« - Alors par laquelle voulez-vous commencer ?

On laisse aux élèves l'initiative d'orienter le débat...

A – Bah, moi je suis d'accord avec la 1.

- La 1) ? Donc : « c'est une bonne idée d'avoir fait ça : le dessin est rigolo, c'est un peu plus ludique qu'un « livre scolaire ».

L'élève pointe spontanément la différence entre un DONS et un livre scolaire.

B – Oui, mais enfin, il y a moins de choses que dans un livre scolaire.

C – Oui, mais on n'est pas obligé de comprendre tout de suite.

On oriente le débat vers la compréhension du message principal...

- Que veux-tu dire par là ? On peut enchaîner sur la 4) : « Quelqu'un qui n'a pas étudié le phénomène avant ne peut pas comprendre tout seul le phénomène étudié ». Qu'en pensez-vous ?

Les élèves semblent très critiques vis-à-vis du document (beaucoup plus qu'à l'écrit) : la phase précédente de hiérarchisation des EFOP pourrait être liée à cette évolution.

D – Bah, ça c'est vrai.

Collectif – Oui, c'est vrai.

- D'accord, alors que pensez-vous de la 7 : « Pas très réaliste tout de même, mais on peut plus facilement comprendre une bande dessinée qu'un texte scientifique ». Que pensez-vous de ça ?

On tente alors d'amener vers la distinction entre accrocheur et plus facile à comprendre...

C – Bah, il y aura des mots plus simples dans une bande dessinée que dans un texte scientifique.

- Mais est-ce que c'est plus facile à comprendre avec une image qu'avec un texte seulement ?

L'adhésion collective rapide à l'idée de cette distinction est à noter.

Collectif – Non !

- Regarder ce qui ressort des commentaires... Est-ce que vous pensez que c'est parce que c'est ludique que l'on comprend mieux ?

E – Non.

- Alors, à quoi ça sert le ludique à ton avis ?

F – Bah, ça donne plus envie, c'est plus intéressant.

- Exactement ! Mais ce n'est pas pour autant plus facile à comprendre. D'ailleurs, c'est vous-mêmes qui le dites. Il y a des remarques qui disent qu'il vaut mieux avoir étudié le phénomène avant pour bien comprendre le document. »

Pour autant, le ludique n'est pas considéré comme inutile... L'effet d'accroche reste un élément moteur important pour les élèves.

Il semble, à la lumière de cet extrait, qu'il ne soit pas très difficile d'amener les élèves à faire la nuance entre le ludique et le compréhensible. Cette distinction prend toute son importance si l'on souhaite ne pas placer la vulgarisation en compétition avec le cours de sciences. Chacun a ses attributs et ses modes propres de fonctionnement et au moins un objectif commun qui est la compréhension d'un concept. Cela étant, les deux aspects peuvent être complémentaires et dans cette phase de la séance, c'est cette idée que vise le guidage.

3.2.5. Evolution du point de vue des élèves après la séance de guidage

La première année, nous avons demandé aux élèves de proposer éventuellement une modification du document. Nous souhaitions repérer ainsi une éventuelle hiérarchisation des invraisemblances.

Les réponses ont été répertoriées comme suit :

- La Terre doit être représentée plus petite (ou comme un point)
- Il faut modifier l'échelle de représentation ET/Planète
- Modification du texte
- Autres modifications
- Aucune modification

Catégories de modification	Occurrences (N=29)
Terre plus petite (ou comme un point)	11
Echelle de représentation ET/Planète	2
Modification du texte	3
Autres modifications	3
Aucune modification	10

Tableau 3.5 : Proposition de modification du document « ET » par les élèves après guidage (année 1).

Nous pouvons voir que 11 élèves (soit 38%) proposent de modifier la taille de la Terre sur le dessin. Ils étaient moins de 10% (voir tableau 3.3 p.158) à avoir initialement repéré cette facilité. En revanche, seuls 2 élèves proposent de modifier l'échelle ET/Planète, ce qui montre bien que le débat a initié un début de hiérarchisation des risques de la part des élèves. De plus, certains élèves qui ne proposent aucune modification (5/10) s'appuient sur le fait qu'ils ont compris et que par conséquent, tout le monde peut comprendre ce document sans qu'il soit besoin de le modifier.

Il semble donc qu'un obstacle à la hiérarchisation soit la compréhension elle-même du message. En d'autres termes, après discussion et explications, un élève qui a compris aura des difficultés à imaginer que les facilités repérées puissent être un obstacle à la compréhension pour d'autres lecteurs ; ce qui se traduit par un commentaire du type : « *ce n'est pas si grave...puisque j'ai compris...* ». Il n'est pas possible ici d'évaluer le parcours individuel des élèves, ni si cette compréhension s'est effectuée sans encombre.

Afin de préciser d'une façon complémentaire une possible évolution des élèves, lors des années 2 et 3, à l'issue de la séance, nous avons demandé aux élèves de répondre à nouveau aux questions posées par écrit (voir 3.1 p.155). Nous avons tenté de repérer des évolutions quant à l'identification du message principal, au repérage des facilités et à l'éventuelle hiérarchisation des risques associés.

Les critères d'évolution des élèves ont été repérés comme suit (catégories non exclusives):

- Elèves qui identifient le message principal sans présence de réduction scolaire
- Elèves qui placent la taille de la Terre comme la facilité qui comporte le plus de risques
- Elèves qui disent, sans plus, que le document comporte des simplifications qui peuvent induire en erreur
- Elèves qui différencient l'aspect ludique du document et son accessibilité sur le plan de la compréhension.

Catégories non exclusives	Occurrences (N=60)
Elèves qui identifient le message principal sans présence de réduction scolaire	52
Elèves qui placent la Taille de la Terre comme la facilité qui comporte le plus de risques	16
Elèves qui disent, sans plus, que le document comporte des simplifications qui peuvent induire en erreur	19
Elèves qui différencient l'aspect ludique du document et son accessibilité	16

Tableau 3.6 : Idées des élèves sur le document « ET » après guidage (année 2 et 3).

- 52 élèves (soit 87%) ont identifié le message principal de référence sans manifester de réduction scolaire. De ce point de vue, on peut penser que la séance de guidage a permis de recentrer les élèves sur l'objectif du document.
- 16 élèves ont placé la taille de la Terre comme l'élément le plus discutable dans la présentation du document. Si l'on ajoute à ce résultat celui de la 1^{ère} année où 11 élèves proposaient une modification de la représentation de la Terre, on parvient à un score de 27 élèves sur les 89 présents, soit 30%. La hiérarchisation n'est donc pas une démarche évidente pour les élèves. Beaucoup d'entre eux pensent en effet que si ils ont été en mesure d'identifier le message principal, c'est que tout le monde peut le faire, et que par conséquent, les facilités n'ont pas une si grande importance.

Cependant, on peut tout de même relever une nette progression par rapport aux résultats obtenus avant la séance de guidage où 9 élèves sur 94 (soit moins de 10%, voir tableau 3.3 p.158) avaient relevé cette incohérence, et aucun parmi eux ne semblait être en mesure de dire que cette incohérence était plus importante que les autres.

- De plus, environ un tiers des élèves (19/60) indique, sans plus, qu'il y a des simplifications qui peuvent nous induire en erreur. Ces élèves ont compris que les facilités employées par l'auteur du document peuvent porter à conséquence, mais ils ne sont pas encore au stade de la hiérarchisation. Nous pouvons donc penser qu'à l'issue de cette première séance de guidage, les élèves se répartissent approximativement en trois tiers : un tiers qui ne donne aucune (ou très peu) d'importance aux facilités, un tiers qui a compris que les facilités pouvaient comporter des risques pour la compréhension, et un dernier tiers qui est capable de les hiérarchiser et donc de dire quelle facilité porte *a priori* le plus à conséquence.
- Enfin, 16 élèves (soit 27%) expriment, à l'issue de la séance de guidage, que le fait que le document soit plus attractif ne veut pas dire qu'il soit plus facile à comprendre. Il n'est pas exclu que d'autres élèves en soient convaincus, mais nous ne relevons ici que des expressions libres et spontanées.

3.2.6. Bilan de la séance de guidage sur le document « ET »

Avant d'entamer ces séances de travail, nos interrogations étaient nombreuses. Nous nous demandions comment les élèves allaient réagir à ce travail d'un genre nouveau. En particulier, il était important de connaître le rôle joué par l'effet attractif du document dans cette situation et quelle place les élèves lui accordent.

Nous voulions également savoir dans quelle mesure le guidage pouvait amener les élèves à identifier plus nettement le message principal, si une analyse critique pouvait les amener à repérer les différentes facilités employées par l'auteur, et si ils pouvaient hiérarchiser les risques associés à ces facilités.

Tout d'abord, il est important de noter que les élèves ont travaillé pendant près d'une heure et demi sur le document sans montrer de signes d'agacement ou d'ennui plus qu'à l'accoutumée, et qu'ils ont participé de manière active aux discussions. Cela étant, nous n'avons pas relevé non plus des manifestations d'enthousiasme débordant. En fait, l'attitude des élèves nous a paru tout à fait « habituelle ». Ce qui nous porte à croire qu'un travail d'analyse sur les DONS en classe peut s'insérer sans bouleversement dans une progression d'année scolaire.

Concernant l'effet accrocheur du document, ce sont les commentaires des élèves par écrit qui nous indiquent qu'ils n'y sont pas insensibles. De nombreux témoignages nous donnent à penser que les élèves sont sensibles à ce type de document. La séance de guidage a permis aussi l'expression de l'idée que l'effet accrocheur n'engendre pas nécessairement une compréhension plus facile. Il sera intéressant de voir la réaction des élèves sur ces aspects

après l'étude des documents « Galaxies » et « Matière » qui comportent beaucoup plus d'informations, sont plus spectaculaires mais aussi plus complexes.

La nette progression relevée sur l'identification du message principal montre qu'une séance de guidage permet relativement facilement, dans le cas de ce document, d'atténuer, dans l'expression du groupe, les effets de la réduction scolaire. Après cette séance, pratiquement aucun élève ne nous parle du calcul de la distance Terre Planète. Là encore, il sera intéressant de voir si les choses se passent de la même façon avec des documents plus complexes, en particulier avec le document « Galaxies » qui fera l'objet de la seconde séance de guidage.

Le repérage des facilités utilisées par l'auteur se fait relativement facilement aussi. Pour certains, les simplifications sont d'une telle évidence qu'il paraît ridicule de les évoquer (comme en témoignent les rires à la lecture du commentaire « les ET parlent le français »). Le fait de les énumérer ensemble en classe avait pour vocation de parvenir à une hiérarchisation des risques. Pendant la séance, les élèves arrivent facilement à s'y prêter et l'on parvient sans trop de difficulté à un consensus sur le fait que la taille de la Terre est la seule véritable facilité qui mérite d'être discutée. Cela étant, le bilan après séance nous montre aussi que si la majorité des élèves (deux tiers) sont conscients des risques que présentent les simplifications, seule une partie (un bon quart, 16/60) peut réellement hiérarchiser ceux-ci. Cela renforce l'idée qu'un travail sur le long terme est une condition nécessaire pour que les élèves progressent sur ce point. La séance de guidage sur le document « Galaxies » va nous conduire à affiner notre analyse.

3.3. Séance 3) : questionnaire sur le document « Galaxies ».

Comme pour le document « ET », l'analyse des réponses au document « Galaxies » constitue la base de la séance de guidage qui prolonge ce travail. Le document étant plus complexe, en particulier avec la présence des zones qu'il n'est pas forcément facile de relier entre elles, on s'attend à des évolutions par rapport au document précédent.

Les deux questions posées, et dont les réponses vont être analysées ici, sont les mêmes que pour le document « ET » :

- 1) Quel est le message principal de ce document ? Que cherche-t-on à nous faire comprendre ?
- 2) Remarques ? Commentaires ? Critiques ?

Là encore, nous analyserons les réponses des élèves suivants trois aspects : l'identification du message principal, le regard critique, l'intérêt porté au document.

3.3.1. L'identification du message principal

Rappelons que, pour ce document, nous avons considéré comme message principal de référence l'idée que l'on observe un décalage vers le rouge de la lumière émise par la galaxie parce que ces galaxies s'éloignent de nous.

Nous basant sur le travail préliminaire de la première phase, nous avons réparti les réponses des élèves à la question 1 (Quel est le message principal de ce document ? Que cherche-t-on à nous faire comprendre ?) dans les catégories suivantes :

- Réponse conforme par rapport au message principal de référence :

Une réponse a été jugée conforme lorsqu'elle exprime un enchaînement d'idée proche du message choisi comme référence.

« Le message principal de ce document est que les galaxies rougissent d'après le spectre de la lumière et que lorsqu'elles rougissent, elles sont confrontées à l'effet Doppler-Fizeau qui en gros veut dire qu'une source d'ondes en mouvement déforme les ondes qu'elle émet : les galaxies semblent nous fuir. »

« Le document veut nous apprendre qu'une source d'onde en mouvement déforme les ondes qu'elle émet. C'est pour cela que les galaxies nous apparaissent rouges, parce qu'elles semblent nous fuir. »

- Difficulté à identifier le message principal (tentative d'explication de l'effet Doppler, référence à la modification de la longueur d'onde...) :

« Je ne comprends pas. »

« L'objectif principal est de nous montrer que même avec des appareils très perfectionnés, les mesures peuvent être faussées à cause d'un phénomène simple ».

« On cherche à nous faire comprendre comment est composée notre lumière, ici dans des galaxies. Ils nous expliquent comment elle est structurée et de quelles façons on peut la voir et si elle change. »

Cette catégorie s'oppose directement à la précédente, de sorte que la somme des occurrences de ces deux catégories représente le nombre total d'élèves.

- Difficulté apparente à relier conceptuellement les différentes zones du document entre elles :

Les réponses qui se rangent dans cette catégorie ne sont pas faciles à identifier. Nous avons choisi d'y faire figurer tous les élèves qui dans leurs réponses expriment plusieurs concepts abordés dans les différentes zones du document sans expression de liens entre eux (sur l'exemple de la partie 2, section 3.3.1.2 p.112). Il n'est pas exclu, que d'autres élèves aient eu des difficultés à identifier le message principal et ne correspondent pas au critère fixé alors qu'ils ont des difficultés à relier les zones du document. Par contre, il est peu probable, que ceux qui correspondent au critère n'aient pas eu de difficulté à relier les zones. C'est pourquoi, le nombre d'occurrences présenté ici, correspond, selon nous, à un minimum d'élèves ayant des difficultés à relier les zones du document entre elles d'un point de vue conceptuel.

Exemples de commentaires, ici par un seul et même élève, qui illustrent cette difficulté :

*«- chaque spectre d'absorption est unique
- les rayons se « tassent » dans le sens du mouvement, donc on verra plus de vagues de lumière
- le supertélescope Zyeuton est capable d'établir la fiche d'identité de la lumière ».*

- Manifestation d'une réduction scolaire (référence à l'analyse spectrale) :

Cette catégorie regroupe les élèves qui font référence au cours en s'y limitant. En particulier ici, il s'agit des élèves qui se centrent sur les spectres en expliquant par exemple que le spectre d'absorption permet d'analyser la composition du nuage. C'est en effet, le point qui dans ce document est relié à ce qui a été vu en cours avec les élèves. La réponse donnée par l'élève semble se centrer sur ce point, ne le considérant pas comme un élément parmi d'autres de la démonstration.

« Chaque gaz absorbe différentes radiations ce qui permet de voir des raies noires (disparition de certaines radiations) »

« Le message principal de ce document est que grâce à la lumière (aux spectres) nous pouvons mesurer des distances... »

« L'objectif de ce document est de nous montrer qu'il y a un effet d'absorption avec le nuage d'hydrogène. Il absorbe ce qu'il émet. »

- Manifestation d'une association effet Doppler-distance :

Les élèves qui, dans leur tentative d'explication, ont relié l'effet Doppler à la seule distance entrent dans cette catégorie. Ces élèves appartiennent tous également à la catégorie des élèves ayant des difficultés à identifier le message principal. Il faut de plus, admettre que pour formuler cette association Doppler-distance, il faut déjà avoir atteint un certain niveau de compréhension, ce qui n'est pas le cas de tous les élèves ; là encore, c'est donc un nombre « plancher » d'élèves, associant effet Doppler et distance, qui est annoncé (c'est-à-dire, que parmi les élèves qui ne se sont pas exprimés sur l'effet Doppler, il y en a probablement qui font également cette association).

« On cherche à nous faire comprendre le fonctionnement de la lumière : pourquoi on ne voit pas le même spectre de la lumière blanche selon la distance ».

« On cherche à nous faire comprendre que selon la distance qui nous sépare d'une galaxie, le spectre de la lumière blanche émise par la Terre change. Il se produit un décalage vers le rouge. Ceci est dû à l'effet Doppler-Fizeau... ».

Les résultats sont présentés en nombre d'occurrences, un même élève pouvant donner des réponses qui entrent dans différentes catégories.

Catégories	Occurrences (N=94, réponses non exclusives)
Réponse conforme au message principal de référence	16
Difficulté à identifier le message principal	78
Difficulté apparente à relier les différentes zones	29
Manifestation d'une réduction scolaire	35
Manifestation d'une association effet Doppler-distance	20

Tableau 3.7 : Identification du message principal de référence du document « Galaxies » par les élèves (années 1, 2, 3).

- On constate en premier lieu, que 78 élèves (83%) ont des difficultés à identifier le message principal (par rapport à notre référence). Ce score élevé confirme les résultats de la phase exploratoire (voir 3.3.1.2 p.157). Ce document, plus complexe que le document « ET », se révèle aussi plus difficile à appréhender pour l'élève.
- 29 élèves (soit 31%) manifestent des difficultés à relier les différentes zones du document entre elles. On peut penser que parmi tous ceux qui ont eu des difficultés à identifier le message principal, ils sont bien plus nombreux encore à ne pas relier efficacement les zones du document. Pour un tel document, la présence d'un guide s'impose. Autrement dit, pour que le document porte ses fruits, il semble nécessaire que le guide aide les élèves à relier les différentes zones d'un point de vue conceptuel. C'est un rôle qui, selon nous doit être assuré par le professeur lors de l'étude des DONS en classe, et c'est ce rôle que nous avons expérimenté dans la séance de guidage qui suit.
- La réduction scolaire apparaît ici essentiellement sous la forme d'un centrage des élèves sur l'étude des spectres. Ils sont 35 (soit 37%) à manifester cette approche. Ce sera un autre rôle du guide que de faire réfléchir les élèves à l'idée qu'il peut être nécessaire de s'appuyer sur ses connaissances pour comprendre un document de vulgarisation mais que le document n'a pas forcément vocation – en tout cas *seule* vocation - à consolider ou exploiter ces connaissances, et qu'il peut amener à aborder d'autres concepts pour atteindre des objectifs plus ambitieux.
- Enfin, 20 élèves (soit 21%) ont montré qu'ils associaient l'effet Doppler à la distance comme semble le suggérer le document. Comme nous l'expliquons, il est probable que ce chiffre soit un minimum. Nous tâcherons lors de la séance de guidage de comptabiliser plus précisément le nombre d'élèves qui ont interprété le document dans ce sens. Puis, nous tenterons d'expliquer l'effet Doppler aux élèves, avec pour objectifs d'une part, de faire en sorte qu'ils identifient mieux l'objectif principal, et d'autre part, qu'ils soient à même d'élaborer une critique du document sur cet aspect.

3.3.2. Critiques spontanées des élèves sur le document « Galaxies »

Les réponses des élèves à la question 2) (Remarques ? Commentaires ? Critiques ?) ont été analysées suivant le même schéma que pour le document « ET ».

L'analyse des réponses des élèves a montré que pour ce document tous les commentaires, critiques, et remarques étaient d'ordre général. Aucun élève n'a formulé de critique sur une éventuelle incohérence du document. Par conséquent, nous avons sélectionné des catégories non exclusives qui font référence aux thèmes le plus souvent abordés par les élèves, dont la liste est détaillée ci-après avec quelques exemples:

1. Critique positive sur le vocabulaire employé :

« Vocabulaire assez adapté, facile à comprendre. »

« Heureusement que le vocabulaire employé est assez simple. »

« Il y a une petite partie comique dans les explications qui nous permet de mieux nous intéresser au sujet. »

« Le langage, à certains moments, n'est pas très scientifique (« kif-kif »)...mais est de mon niveau. »

2. Critique négative sur le vocabulaire employé

« Il y a certains mots que je ne comprends pas. »

« Ce document contient des mots dont on ne connaît pas la définition. »

« Certains mots de vocabulaire qui font partie du registre familier : kif-kif, goguette (mot inconnu) font perdre le sérieux du document qui est déjà assez difficile à comprendre. »

« Humour qui n'a rien à faire ici ! (Mots à retirer). »

3. Commentaire positif sur le du document du point de vue de la compréhension

« Les exemples sont bien choisis, bien expliqués. »

« Je trouve ça assez bien expliqué puisqu'ils prennent des exemples concrets. »

« Le document est intéressant et bien compréhensible. »

« Document facile à comprendre, se démarque de certains docs. scientifiques assez durs de compréhension. »

« Finalement, je trouve le doc. plutôt bien avec ses expressions quotidiennes et les schémas qui permettent de mieux comprendre ces phénomènes. »

4. Commentaire négatif sur la présentation du document du point de vue de la compréhension

« Trop long et pas assez simplifié. »

« Les textes sont difficiles à comprendre, il y a trop d'informations dans les paragraphes. Il faut lire une ou deux fois chaque paragraphe pour bien les comprendre. »

« Doc. peu explicite. Trop long à lire pour être accrocheur. »

On y retrouve parfois la difficulté à relier les zones du document entre elles :

« Les liens textes/images dans la partie de gauche sont pas évidents à retrouver ; la disposition pourrait être plus logique. »

« Les documents n'ont pas de lien entre eux... »

« On ne sait pas trop dans quel ordre vont les schémas. »

« Les paragraphes sont assez mal disposés ce qui perturbe la compréhension du texte...Il faudrait être plus organisé dans les textes. »

« Il y a des explications qui sont un peu difficile à comprendre ; on a l'impression que les textes et les images sont éparpillés : la compréhension est un peu difficile. »

5. Commentaire sur la présentation l'effet Doppler (encart de droite)

« Ce document est clair et facile à comprendre. Il est assez drôle. De plus, il est plus facile à comprendre grâce à l'encadré de droite (heureusement qu'il est là). »

« Bon exemple grâce à la sirène de pompier et aux schémas. La représentation des ondes qui se resserrent permet de bien comprendre la fréquence que l'œil voit. Le phénomène du mouvement de la lampe permet de bien illustrer pourquoi on voit des galaxies de différentes couleurs et quel est leur mouvement. »

6. Critique de la présentation de l'expérience au laboratoire sur les spectres (encart du haut)

Aucun exemple ici. Voir l'analyse qui suit.

7. Les schémas aident à la compréhension

« Ce document est compréhensible de par ces explications et ces schémas. »

« Images bien illustrées qui aident à mieux comprendre les docs. »

« Les schémas aident à la compréhension du sujet. »

« ...mais les schémas et les explications avec les « bonshommes » m'ont bien aidé. »

8. Elèves qui disent avoir des difficultés à comprendre le document, sans mention du vocabulaire ou des schémas.

« Le travail sur le document était intéressant mais le doc. est un peu dur à comprendre » .

« La prochaine fois, donnez un texte plus simple que l'on n'ait pas 40 fois à relire pour comprendre SVP ».

« Les textes sont très complexes et très durs à lire. En fait, j'ai pratiquement rien compris ! Trop dur ! » .

« Document clair mais beaucoup moins facile à comprendre que le précédent (avec les ET) ».

« Il faut s'y reprendre à plusieurs fois si on veut comprendre ne serait-ce qu'un petit peu l'article. Si une personne n'a pas énormément de connaissances en physique, il sera difficile pour elle d'analyser et de comprendre ».

« Sur le sujet en lui-même, je n'ai pas compris grand-chose et je suis impatiente d'entendre les explications ».

Avec parfois des difficultés plus précises :

« Je ne comprends pas pourquoi dans le 2) (celui de gauche) le spectre de la galaxie B a été décalé par rapport aux deux autres. Je ne comprends pas pourquoi les deux personnes ne voient pas la même chose à droite ».

9. Pas de commentaire

Chaque élève pouvant exprimer plusieurs idées dans une même réponse, les nombres représentent les occurrences pour chaque thème dans le tableau ci-dessous :

	Catégories non exclusives	Nombre d'occurrences (N=94, réponses non exclusives)
1	Critique positive sur le vocabulaire employé	11
2	Critique négative sur le vocabulaire employé	17
3	Commentaire positif sur la présentation du document	28
4	Commentaire négatif sur la présentation du document	42
5	Critique sur la présentation l'effet Doppler (encart de droite)	14
6	Critique de la présentation de l'expérience au laboratoire sur les spectres (encart du haut)	0
7	Les schémas aident à la compréhension	28
8	Expression d'une difficulté	47
9	Pas de commentaire	9

Tableau 3.8 : Critiques et commentaires des élèves sur le document « Galaxies » (cumul sur 3 ans).

- 47 élèves (soit la moitié) disent avoir des difficultés à comprendre tout ou partie du document, bien qu'ils soient en fait 78 élèves à avoir été repérés comme ayant des difficultés à identifier le message principal (voir tableau 3.5 p.177).
- On constate par ailleurs que les avis généraux sur le document sont partagés : 42 élèves (soit 45%) ont une opinion plutôt négative du document alors que 28 (soit 30%) ont une opinion plutôt positive. Il sera intéressant de voir si la séance de travail guidé modifie le positionnement des élèves sur ce point.

Parmi les auteurs de ces commentaires, 9 élèves ont fait des remarques sur l'organisation du document et plus particulièrement disent que les différentes parties ne sont pas faciles à relier entre elles. Cela représente environ un tiers des 29 élèves que nous avons repérés comme ayant des difficultés à ce niveau (voir tableau 3.5 p.177).

- Au total, 28 élèves (soit 30%) se sont exprimés sur le vocabulaire employé dans le document. Là encore les avis sont partagés ; 17 élèves ont une opinion plutôt négative du vocabulaire choisi avec deux arguments récurrents : « certains mots qu'on ne comprend pas » et « ça ne fait pas sérieux » ; 11 élèves sont plutôt favorables au choix

du vocabulaire, avec, là aussi, deux arguments principaux : « le vocabulaire employé est simple et à notre portée » et « c'est humoristique ».

- 14 élèves font référence à l'encadré de droite qui explique l'effet Doppler (le plus souvent (10/14), les élèves disent que cet encart aide à la compréhension.
- Contrairement à ce que nous avons relevé dans la phase d'exploration, aucun élève n'a fait de commentaire sur l'encadré du haut qui vise l'explication des spectres d'absorption.
- Enfin, les schémas sont souvent cités comme un élément facilitateur de la compréhension. En effet, 28 élèves (soit 30%) disent que les schémas les ont aidés à comprendre le texte.

En résumé, les commentaires recueillis lors de ces trois années nous montrent essentiellement deux choses :

Les élèves se montrent capables de porter un jugement qualitatif sur le document. Ce jugement peut faire part des difficultés qu'ils rencontrent, en particulier la difficulté à relier entre elles les différentes zones du document. Or, être capable de formuler ce que l'on n'a pas compris est déjà un premier pas important pour élaborer une compréhension des concepts abordés. La première phase de ce travail permet donc de confronter les élèves à leurs difficultés. Reste à savoir si la seconde phase de guidage nous permettra d'aider les élèves à relier les zones du document et d'approfondir les notions abordées avec eux.

Par ailleurs, les élèves formulent des critiques sur la conception même du document. Ce document étant plus complexe que le document « ET », ils ne se montrent pas mesure d'évaluer la cohérence de ce qui leur est présenté, et encore moins de repérer les éventuelles facilités employées par les concepteurs (voir partie 2 p.87). La séance de guidage aura donc pour objectif, entre autres, de les amener sur ce terrain. Les critiques que les élèves formulent se rapportent davantage à l'intérêt qu'ils peuvent porter au document, un point qui sera également abordé dans la partie qui suit.

3.3.3. Le document « Galaxies » et la motivation des élèves

Les réactions des élèves au document « Galaxies » apparaissent beaucoup plus négatives que celles qu'ils ont eues pour le document « ET ». En effet, comme nous le remarquons, 42 élèves (soit 45%) ont exprimé une critique négative sur le document. Il est très probable que ce jugement soit lié aux difficultés de compréhension éprouvées par les élèves.

Dans ce contexte, il est plus difficile pour eux d'exprimer une motivation à la lecture de ce document. Plusieurs points nous font cependant dire que l'effet accrocheur n'est pas totalement estompé par ces difficultés, comme le montrent les deux citations qui suivent (la seconde, très argumentée, est particulièrement remarquable) :

« On nous explique plus simplement la situation que dans un livre. Je pense que cela pourrait être utilisé comme un complément de cours ; les schémas et les exemples illustrent bien la chose, c'est pour ça que j'aime mieux ce système »

« Les termes et le langage utilisés nous correspondent plus que le vocabulaire scientifique. On comprend donc un petit peu mieux ; on est plus intéressé. On peut voir comment on peut expliquer un phénomène scientifique en « parlant » simplement. En plus du vocabulaire, les phénomènes et les expériences sont décrits avec humour. On est donc davantage intéressé et surtout, plus longtemps. On a envie de lire la suite quand on a fini un paragraphe.

Par exemple, à la fin du deuxième paragraphe, on termine par une question rigolote qui donne envie de continuer. La compréhension de ce phénomène est encore facilitée par les dessins et les schémas.

Je pense que si on nous avait expliqué ce phénomène avec des termes scientifiques (plus compliqués), dans un seul grand texte et sans images ou schémas, non seulement on n'aurait pas compris grand-chose, mais en plus on ne s'y serait pas intéressé. On arrive à comprendre un phénomène naturel. Si tous les cours de physique et tous les phénomènes nous étaient expliqués de cette façon, ce serait beaucoup plus amusant, et on serait motivé pour venir ».

De plus, environ 30% des élèves jugent le document plutôt bien fait, alors même qu'ils disent éprouver des difficultés à le comprendre.

D'autre part, le vocabulaire a séduit une partie des élèves (11/94) alors qu'il est sans effet, ou même plutôt rebutant pour les autres (17/94). L'effet accrocheur recherché par le concepteur en utilisant un vocabulaire que l'on peut imaginer adapté aux adolescents ne fonctionne pas toujours. Il a même parfois l'effet inverse :

« Critique : le côté un peu « comique » qui me fait me demander si certaines informations sont vraiment vraies »

Enfin, parmi les points les plus positifs, 28 élèves disent que les schémas les aident à comprendre, allant parfois jusqu'à dire « heureusement qu'il y a les schémas ».

En conclusion, le supplément de motivation voulu par le concepteur de ce document, dans le contexte d'une lecture individuelle, n'est pas obtenu de manière si évidente, loin s'en faut, mais certains élèves y sont sensibles. Il sera intéressant de voir quelle sera la position des élèves après la séance de guidage.

3.4. Séance 4) : Impact de la séance de guidage sur le document « Galaxies ».

3.4.1. Déroulement de la séance

Le déroulement de cette séance suit un schéma voisin de celui de la séance de guidage sur le document « ET ». Cependant, très probablement du fait de la nature du document « Galaxies », beaucoup plus complexe, il est apparu que les élèves ne pouvaient repérer les invraisemblances ou facilités employées dans le document. En particulier, nous rappelons que la difficulté majeure ici, réside dans la présentation qui est faite de l'effet Doppler : le document laisse croire que le décalage vers le rouge de la lumière est directement dû à la différence de distance entre les Galaxies observées (voir partie 2 p.90). Nous visons, lors de cette séance, d'une part que les élèves comprennent que le décalage spectral est dû directement à la vitesse relative entre la source et l'observateur et, d'autre part, que cela conduise les élèves à réaliser que la présentation du document est tronquée. Cela nous a amené à construire la séance d'une manière un peu différente, et notamment en allégeant de manière conséquente le débat sur l'intérêt que les élèves portent au document afin de faire rentrer la séance dans le temps imparti. La synthèse pour l'identification d'un message principal étant difficile, il nous semblait plus judicieux de débiter par le repérage des éléments facilitateurs.

Les différentes étapes se sont déroulées comme suit :

- A. On demande aux élèves, par écrit, de tenter de repérer (de nouveau) des invraisemblances dans le document (ce qui a pour objectif de les concentrer sur le sujet et de voir si après une seconde lecture ils repèrent quelques invraisemblances).
- B. Après quelques minutes une première discussion s'engage orientée par le professeur. Elle a pour objectif de faire émerger des invraisemblances ou simplifications dans le document et de détecter les obstacles potentiels.
- C. On enchaîne par l'analyse des réponses proposées aux élèves concernant le message principal. On présente aux élèves une sélection de leurs réponses à la question 1) sur l'identification du message principal, puis on leur demande d'exprimer par écrit leur accord ou leur désaccord avec chacune des propositions.

Voici les propositions sélectionnées et soumises par écrit aux élèves :

A propos du message principal :

Parmi ces propositions, dites lesquelles, selon vous, sont correctes et lesquelles vous semblent représenter l'objectif principal :

- 1) L'objectif principal de ce document c'est les spectres (...). Il veut nous faire comprendre que quand un rayon passe dans un nuage les couleurs changent.
- 2) L'objectif principal de ce document est de montrer que la lumière n'est pas la même suivant la distance à laquelle on se trouve d'elle.
- 3) L'objectif principal de ce document est de nous faire comprendre qu'en fonction des gaz qu'elle traverse la lumière nous paraît différente.
- 4) L'objectif principal de ce document est le décalage vers le rouge de la lumière à cause du mouvement d'une source d'onde qui déforme les ondes qu'elle émet.
- 5) L'objectif principal de ce document est de nous montrer que le spectre de la lumière change lorsqu'elle passe dans certains produits (gaz, liquide, solide) ; on peut alors analyser le spectre obtenu et déterminer quels sont les composants du produit à travers lequel la lumière est passée.

Le choix des commentaires de la liste

Comme pour le document « ET », la liste présentée met en évidence les différentes tendances qui s'expriment au sein du groupe. On relève en particulier,

Une référence au cours par l'intermédiaire des spectres (1, 3, 5),
Une manifestation de l'importance de la distance associée à l'effet Doppler (2),
Une formulation qui confond la compréhension de l'effet Doppler avec le message principal (4).

On essaye de discuter chacune des propositions pour parvenir à une synthèse qui exprime le message principal de référence.

La synthèse pour le message principal se révèle possible mais reste peu assurée à l'issue de cette étape. Il est en effet nécessaire de passer par une appropriation du concept associé à l'effet Doppler.

- D. On cherche ensuite à conduire les élèves à une idée plus précise de l'effet Doppler. Pour ce faire, on fournit aux élèves un questionnaire qui représente une situation relative au son, analogue à celle proposée par J. L. Leroy et L. Viennot (2003). Il s'agissait pour ces auteurs de mettre en évidence une difficulté commune, celle qui consiste à associer effet Doppler et distance, à l'exclusion de la variable vitesse. Ici, le questionnaire est distribué après la relecture du document par les élèves. On cherche ici à savoir quelle idée les élèves se font (sans enseignement préalable) des variables pertinentes pour l'effet Doppler lorsqu'ils sont mis en présence de ce document.

Questionnaire distribué aux élèves :

A PROPOS DE L'EFFET DOPPLER

Deux voitures A et B roulent en direction d'Alfred :

1^{ère} SITUATION



Alfred entend-il le même son en provenance des deux voitures ?

2^{ème} SITUATION



Alfred entend-il le même son en provenance des deux voitures ?

Sans même une analyse chiffrée précise (un rapide tour d'horizon des réponses écrites nous en convainc facilement), on constate immédiatement qu'après la lecture du document la grande majorité des élèves pense qu'Alfred perçoit le même son en provenance des deux sources, ceci dans la situation B mais pas dans la situation A.

- E. Sans plus d'explication, on affirme aux élèves que le facteur essentiel de l'effet Doppler est la vitesse relative entre la source et le récepteur (*lorsqu'il y a un milieu matériel de transmission, des corrections au deuxième ordre obligent à considérer le mouvement de chacun de ces éléments par rapport au milieu, une question évidemment hors de propos ici). On leur demande alors de s'exprimer sur le document. On cherche à leur faire comprendre que la figure employée par l'auteur les a induits en erreur. On leur

explique que, dans ce cas précis, il existe une liaison structurelle entre une variable directement pertinente et une autre qui lui est couplée via l'expansion de l'univers : plus la galaxie est loin, plus elle s'éloigne vite. Par conséquent, le document ne comporte pas d'erreur de ce point de vue, mais il omet de mentionner ce couplage.

- F. On demande aux élèves de dire ce qu'ils pensent du document. Est-il intéressant ? Est-il clair ? Les personnes auxquelles il est destiné peuvent-elles le comprendre ?
- G. La troisième et dernière année, une meilleure gestion du temps a permis de reposer trois questions aux élèves en fin de séance :

- 1) Quel est l'objectif principal de ce document ?
- 2) L'effet Doppler est-il lié à la distance ou à la vitesse ?
- 3) Que pensez-vous du document ? Que pensez-vous du travail effectué à son propos ?

Cette petite évaluation nous donnera quelques informations sur les impacts de la séance de guidage.

Du point de vue de l'enseignement, là encore, cette phase n'est pas nécessaire bien qu'instructive.

L'analyse qui va suivre est articulée en trois parties qui correspondent aux trois thèmes abordés au cours de la séance (le repérage des facilités, le message principal et la compréhension de l'effet Doppler, l'intérêt général du document).

Comme pour la séance de guidage consacré au document « ET », nous avons privilégié la retranscription de passages clés.

Description du déroulement de la séance :

Là encore, pour les quatre groupes filmés, l'attitude des élèves a été la même : les élèves ont été attentifs et ont participé au débat. Cela étant, comparativement à la séance précédente, le guide a dû être plus directif car les difficultés étant plus importantes, les élèves ont eu plus de mal à formuler des remarques.

3.4.2. Repérage des facilités (EFOP) employées par l'auteur

Lors de cette phase, on demande aux élèves de signaler les invraisemblances qu'ils repèrent sur le document. Le passage sélectionné ici montre qu'il n'est pas aisé pour les élèves de discerner les facilités employées par l'auteur. Il montre également que le débat est l'occasion d'un réinvestissement de différentes connaissances sur la lumière.

« - Alors est-ce que quelqu'un a repéré une invraisemblance sur laquelle il voudrait réagir ?

Le débat se porte spontanément sur les échelles. On peut y voir l'influence du travail sur le document « ET ».

A – Bah, le télescope il est aussi grand que les galaxies.

- D'accord. Alors, est-ce que c'est important, ça ?

Collectif – Bah non !

- Alors pour chaque invraisemblance que vous allez relever, essayer de me dire quelle est son importance. Alors quoi d'autre ?

B – Le nombre d'anneaux qu'il y a de représenté autour de la lampe

- Ah oui, d'accord. Effectivement. Mais quelle devrait être la distance entre deux cercles ?

C – Bah, c'est la longueur d'onde de la lumière blanche.

- Oui, si on veut... Et donc c'est combien ?

Silence.

- Eh bien, c'est entre 400 et 800 nanomètres. Donc ?

A – Bah, on pourrait pas la voir la distance.

- Oui, ce serait imperceptible. Donc, est-ce qu'on pouvait se permettre de la représenter correctement ?

Collectif – Non.

- Et est-ce que cela vous paraît gênant ?

B – Non, ça aide plus à comprendre qu'autre chose.

- D'accord. Alors quoi d'autre ?

A – On a l'impression que c'est le télescope qui envoie la lumière.

- Oui et alors ?

Collectif – Bah, c'est l'inverse.

- Pourquoi ont-ils dessiné ça comme ça ?

Silence.

On cherche ici à questionner l'idée que cet EF constitue un obstacle potentiel.

On demande aux élèves de prendre l'habitude de détecter un obstacle potentiel.

La discussion est l'occasion de revenir (voire d'approfondir) des notions vues en cours...

Cet EF est facilement repéré...

... et l'auteur n'avait pas vraiment le choix, mais il est intéressant d'en prendre conscience.

Cet EF ne semble pas être un obstacle à la compréhension.

On amène le débat sur la représentation directionnelle du faisceau.

- Eh bien, ils voulaient montrer que l'on s'intéressait à la lumière qui provient des galaxies avec ce télescope. Mais est-ce que les galaxies n'émettent de la lumière que vers le télescope ?

D – Bah non. Pas seulement ; elle arrive partout, la lumière, en fait.

- Oui exactement, elle est émise dans toutes les directions. Donc là encore c'est invraisemblable. Mais continuons sur ce faisceau lumineux. Imaginons que je sois dans un vaisseau spatial pour voir la scène de profil comme ça. Est-ce que je peux voir ça ?

Collectif – Non !

E – Bah si, avec un LASER.

- Bah si je prend le LASER là et que j'éclaire le mur. Je verrais le faisceau ?

F- Bah ça dépend si il y a des poussières.

- Oui exactement. Et donc là, dans le cas des galaxies, il y a des poussières sur le chemin de la lumière ?

G – Bah non, on est dans l'espace.

- Oui et donc on est dans le vide. Donc on ne peut pas voir le faisceau. Alors est-ce que c'est gênant ça ?

B – Non.

- Non ! Cela ne gêne pas pour ce que l'on veut nous faire comprendre, mais cela peut vous gêner sur d'autres choses, notamment pour bien comprendre la lumière. »

On point le fait que le faisceau n'est pas dans une direction privilégiée comme le laisse entendre le dessin. On porte ensuite le débat sur la représentation même du faisceau.

Il s'agit ici de faire comprendre que cette représentation du faisceau est une facilité et qu'il n'est en réalité pas perceptible.

Début de hiérarchisation : cet EF n'est pas un obstacle à la compréhension de ce document mais peut s'avérer problématique dans d'autres circonstances.

Cet extrait montre que, comme pour l'analyse du document « ET », il n'est pas très difficile de conduire ces élèves à distinguer les facilités (EFOP) qui comportent des risques sérieux sur le plan conceptuel de celles qui n'ont probablement pas de conséquences, même si, dans le contexte de ce document complexe, il avait été plus difficile pour les élèves (voir plus haut) de repérer spontanément ces facilités lors du questionnaire individuel.

Nous pouvons, d'autre part, constater que la discussion est l'occasion de revenir sur des acquis antérieurs – telle la « visibilité d'un faisceau » - tout en permettant d'aborder des concepts aux marges du programme de l'année, ainsi l'effet Doppler, comme une illustration de l'utilisation de l'analyse spectrale.

3.4.3. L'identification du message principal et la compréhension du rôle de la vitesse dans l'effet Doppler

Le message principal n'avait pas été facile à identifier pour les élèves (voir tableau 3.5 p.177). Notre choix pour cette phase de la séance de guidage est, dans un premier temps, de conduire les élèves à discuter ce que n'est pas le message principal, pour tenter ensuite de s'en approcher en mettant en lien les différents éléments du document.

Le passage que nous présentons montre qu'il a été nécessaire de réellement accompagner les élèves pour parvenir à formuler le message principal.

« - Alors sur la première proposition : « L'objectif principal de ce document c'est les spectres (...). Il veut nous faire comprendre que quand un rayon passe dans un nuage les couleurs changent ». Alors qu'en pensez-vous ?

A – Bah, c'est pas ça. C'est pas les couleurs qui changent.

- Oui, en fait ce sont des radiations qui sont absorbées, mais les couleurs, elles, ne changent pas*. Alors la 3) : L'objectif principal de ce document est de nous faire comprendre qu'en fonction des gaz qu'elle traverse la lumière nous paraît différente. Alors c'est correct ça ?

(*) Notons ici que le professeur-guide n'a pas pris le temps de refaire le point, avec les élèves, sur la distinction entre radiations et couleurs. Ce fut l'objet d'une séance antérieure. Il faut, bien entendu, comprendre que certaines radiations sont absorbées ce qui modifie la couleur perçue mais ne modifie pas la nature des radiations transmises.

B – oui c'est juste.

- Oui c'est vrai... et donc est-ce que c'est l'objectif principal ?

C – Non.

D – Bah non, c'est ce qu'on a vu en cours. C'est vrai, mais ce n'est pas l'objectif du document.

- Exactement. Alors la 4) : L'objectif principal de ce document est le décalage vers le rouge de la lumière à cause du mouvement d'une source d'onde qui déforme les ondes qu'elle émet. C'est le message principal ça ?

E – Non.

- Et les autres qu'en pensez-vous ?

Silence.

La discussion est orientée sur les spectres...

Le fait que la 1^{ère} proposition ne représente pas le message principal n'est pas repéré. C'est l'occasion de revenir sur les notions abordées en cours.

On relance sur le même thème...

... et l'on précise la volonté de montrer que la compréhension des spectres n'est pas l'objectif principal.

Les élèves semblent le repérer facilement.

On amène ensuite la discussion sur l'effet Doppler...

Cela ne semble pas convenir aux élèves pour la synthèse d'un message principal...

... mais on note toute la difficulté de parvenir à cette synthèse.

- Eh bien, je dirais que ce n'est pas tout à fait le message principal. C'est tout à fait juste, mais ce n'est pas exactement le message principal. Alors finalement quel est l'objectif du document ?

Silence.

- Alors, regardez en haut, ça commence par là : « preuve numéro 1 : le décalage vers le rouge ». Puis la conclusion est là : « les galaxies rougissent parce qu'elles semblent nous fuir ». L'objectif est là : par un procédé qui utilise les spectres, et en comparant ces spectres, on arrive à la conclusion que les galaxies rougissent. L'objectif principal c'est donc de comprendre que les galaxies s'éloignent de nous. Et ça c'est une preuve de quoi ?

C – Que l'univers est en expansion.

- Oui c'est ça. Et c'est donc la preuve de l'existence du Big Bang ».

Un guidage plus directif est ici nécessaire : il consiste notamment en un parcours guidé à travers les différentes zones du document.

La réponse ici montre que cet élève a correctement identifié le message principal de référence.

Dans cette phase, le rôle clé du guide est de mettre en relation les différentes informations présentes dans le document ; celui-ci porte l'effort sur le lien entre les différentes zones. En particulier, il fait ressortir le titre (« Preuve n°1 : le décalage vers le rouge ») et la conclusion (« les galaxies rougissent parce qu'elles semblent nous fuir », voir document « Galaxies » annexe V. p.403), souvent oubliés par les élèves dans leurs réponses écrites. Dans cette analyse, l'étude des spectres présentée et l'explication de l'effet Doppler ne sont que des éléments de la démonstration et ne constituent pas, à elles seules, le message principal.

Si la méthode, ici très directive, semble fonctionner, il est difficile de dire à ce stade si les élèves seront en mesure de se l'approprier et de la mettre en oeuvre en situation d'autonomie. Le travail qui sera proposé aux élèves sur le document « Matière » aura pour vocation de fournir des éléments d'évaluation.

La phase suivante avait pour objectif d'initier les élèves à l'effet Doppler. Le passage retranscrit ici indique que les élèves sont en mesure non seulement d'accéder à l'information fournie sur l'effet Doppler, mais aussi de mettre en cause le document de ce point de vue :

« - Alors je prends vos réponses au questionnaire. Je lis une réponse au hasard : dans la situation A, on perçoit des sons différents, dans la situation B on perçoit des sons identiques. Alors la majorité d'entre vous a répondu de cette façon. Et pourtant, c'est faux. Alors je vous pose la question : qu'est-ce qui vous a amenés à répondre de cette façon ?

Les élèves sont invités à réfléchir sur ce qui a pu les induire en erreur.

A – Bah, on voit que c'est la distance. Comme c'est deux galaxies différentes, on voit que la distance avec la première galaxie, c'est pas la même que la distance avec la deuxième galaxie.

- Exactement. Alors vous voyez, le document laisse croire que dans l'effet Doppler, le paramètre essentiel est la distance, alors que le paramètre essentiel est la vitesse.

B – Donc, le document il nous a induits en erreur.

- Oui tout à fait. Alors est-ce que le document était faux ?

Collectif – Oui !

- Eh bien non ! Comment est-ce possible ? Il y a une solution pour que les deux propositions soient justes.

C – bah, sur le document on ne peut pas représenter le mouvement.

- Oui, ça c'est vrai, et ça explique certainement pourquoi ils ont fait comme ça. Mais comment est-ce possible que les deux soient justes ?

D – Bah, c'est que la vitesse et la distance vont ensemble...

- Oui ! Est-ce que tu peux expliquer ça ?

Silence.

- En fait, nous sommes ici dans un cas particulier, où plus la galaxie est loin, plus elle s'éloigne vite. Donc plus la distance est grande, plus la vitesse est grande. C'est ce qui explique que, bien que le document vous ait induits en erreur, il n'est pas faux.

Le déroulement de la séance et la participation active des élèves (seuls 2 ou 3 élèves sur 15 dans chaque groupe n'ont pas pris part au débat) nous amènent à penser qu'ils étaient très désireux d'obtenir des explications. Nous avons pu ressentir une réelle satisfaction de leur part à comprendre un phénomène qui leur semblait *a priori* si complexe et si peu accessible. Notamment, par les quelques commentaires informels que certains sont venus nous faire en fin de séance. Il nous semble qu'au-delà de l'effet accrocheur du document, la véritable source de motivation est dans cette satisfaction de comprendre, et elle se trouve nettement amplifiée lorsque le phénomène étudié paraît ambitieux. Mais ce point reste à appuyer par des observations plus contrôlables.

Rapidement, un élève prend le document comme point d'appui pour justifier cette idée.

On affirme que la vitesse est le paramètre essentiel sans plus d'argumentaire. Puis on laisse les élèves s'exprimer sur le document.

On affirme ici que le document n'est pas faux.

On peut être surpris par la pertinence de la remarque. Un élève peut prendre conscience des contraintes liées à la représentation.

Une intuition comme celle-ci est rare ; elle montre néanmoins que l'on peut faire réfléchir les élèves sur un concept difficile que ce document est censé nous expliquer.

3.4.4. L'opinion des élèves sur le document

Au terme de la séance, on demande aux élèves de dire ce qu'ils pensent de ce document.

Le passage du débat relevé ici met en évidence que l'intérêt demeure mais que la clarté du document est remise en cause par les élèves :

« - Alors, que pensez-vous de ce document ?

A – Bah, c'est intéressant mais il nous induits en erreur.

B – En fait, il n'est pas complet.

- Que veux-tu dire par « il n'est pas complet » ?

B – Bah, ils auraient dû le dire, que ça marche ensemble la vitesse et la distance dans ce cas là.

- Oui d'accord. Alors vous voyez, ça c'est un document tiré de Sciences & Vie Junior, donc n'importe qui peut acheter ça, un adulte comme un enfant. Est-ce que vous pensez que ça peut permettre de comprendre ?

Collectif – Non !

- Pourquoi pensez-vous que non ?

C – Bah, personne n'avait compris.

- Et maintenant, vous avez compris ?

C – Bah, oui, je pense, l'essentiel.

- Et qu'est-ce qui vous a permis de comprendre ?

D – Bah, vous !

- Moi peut-être pas ; je ne vous ai pas donné toutes les réponses. Mais le travail d'analyse qu'on a fait ensemble, oui sûrement ».

L'intérêt demeure mais on peut voir apparaître une certaine forme d'exigence.

On demande aux élèves de se prononcer sur la qualité du document...

...mais en orientant la discussion sur la capacité du document à atteindre ses objectifs.

Les élèves qui s'expriment ici, affirment avoir compris l'essentiel. Bien que l'on ne puisse affirmer que la compréhension soit optimale, on distingue les indices de progrès dans l'assimilation des différents concepts et la nécessité d'un travail d'analyse guidé.

On peut être frappé par l'exigence des élèves. En effet, leurs commentaires des élèves montrent qu'ils auraient souhaité des informations plus précises. Ils semblent penser d'ailleurs, que sans des explications extérieures (comme cette analyse guidée), il n'est pas possible de comprendre correctement le document.

3.4.5. Points de vue des élèves après la séance de guidage

Lors de la troisième année d'expérimentation, nous sommes parvenus à proposer un questionnaire après la séance de guidage. Les élèves ont disposé d'une dizaine de minutes pour répondre aux trois questions que nous rappelons ici :

- 1) Quel est l'objectif principal de ce document ?
- 2) L'effet Doppler est-il lié à la distance ou à la vitesse ?
- 3) Que pensez-vous du document ? Que pensez-vous du travail effectué à son propos ?

Nous avons réparti les réponses des élèves dans les catégories non exclusives suivantes :

- L'objectif de référence est identifié
- L'effet Doppler est lié à la vitesse
- Dans le cas des galaxies, l'effet Doppler est lié à la vitesse et à la distance
- Le document est intéressant
- Le document nous induit en erreur ou est ambigu
- Le travail effectué a rendu le document plus clair ou a été profitable

Une réponse d'élève pouvant appartenir à plusieurs catégories, les résultats qui suivent représentent le nombre d'occurrences :

Catégories de réponses	Occurrences (N=31 élèves)
L'objectif de référence est correctement identifié	8
L'effet Doppler est lié à la vitesse	26
Dans le cas des galaxies, l'effet Doppler est lié à la vitesse et à la distance	13
Le document est intéressant	10
Le document nous induit en erreur ou est ambigu	12
Le travail effectué a rendu le document plus clair ou a été profitable	18

Tableau 3.9 : Points de vue des élèves après guidage sur le document « Galaxies » (réponses non exclusives).

- On peut constater que le message principal de référence est encore difficile d'accès pour les élèves. Cela ne veut pas dire qu'ils ne l'ont pas compris mais essentiellement que, pour la majorité d'entre eux, il est très difficile à exprimer puisque seuls 8 (sur 31) y parviennent :

« Plus la galaxie va vite et s'éloigne de nous, plus son spectre se décale vers le rouge »

- Il semble, en revanche, que les élèves aient parfaitement retenu que le paramètre essentiel de l'effet Doppler est la vitesse puisque 84% d'entre eux (26/31) l'affirment. Pour les mêmes raisons, liées aux difficultés de la formalisation, il n'a pas été jugé pertinent de leur demander une explication plus détaillée de l'effet Doppler (qui ne leur a pas été fournie).
- Le plus surprenant sans doute, est que 13 élèves (soit la moitié des précédents) signalent spontanément que dans le cas des galaxies, l'effet Doppler est lié à la vitesse et à la distance du fait du couplage des deux grandeurs.

« L'effet Doppler est lié à la vitesse, mais pour les galaxies il est aussi lié à la distance ».

« Il dépend des deux puisque plus la distance est grande, plus la vitesse est rapide ».

- 10 élèves disent que le document est intéressant. Compte tenu de la forme de la question, il n'est pas exclu que d'autres élèves l'aient trouvé intéressant. Ceci est à mettre en relation avec le fait qu'aucun élève n'a trouvé le document inintéressant ou rébarbatif.
- 12 élèves (soit environ un tiers) signalent que le document les a induits en erreur ou bien que le document est trop ambigu. Cette prise de conscience mérite l'attention. Il faudra vérifier, grâce à l'analyse du document « Matière » par les élèves en situation d'autonomie, que les élèves restent attentifs aux facilités employées dans les documents de vulgarisation :

« Les simplifications mises dans le doc. sont ambiguës ».

« Je pense que le document nous induit en erreur car on penserait que ce serait lié à la distance ».

- Enfin, 18 élèves (soit 58%) disent spontanément que le travail d'analyse a été profitable. Deux arguments sont récurrents dans les réponses des élèves sur ce point : le premier est que le travail leur a permis de mieux comprendre le document, et le second qu'il fallait se méfier et bien analyser le document pour ne pas faire de fausses déductions. Ajoutons qu'aucun élève n'a formulé de réticence par rapport à cette séance de travail :

« Le travail est bénéfique : j'ai compris le doc. »

« Le document n'est pas très compréhensible, mais une fois travaillé, on le comprend mieux »

« Le travail effectué est plaisant car il nous permet d'avoir un esprit critique et de comprendre »

« Le document était intéressant mais un peu dur à comprendre, le travail effectué dessus était donc indispensable »

« Je pense que cela nous a démontré que les documents n'étaient pas toujours vrais ; de plus ça nous a appris de nouvelles choses ».

Ce dernier exemple montre qu'il n'est pas secondaire pour les élèves d'aborder des sujets plus larges que ceux habituellement vus en cours.

En conclusion, cette évaluation nous révèle qu'il existe, ici, une difficulté importante. Lors de la séance principale l'accord semblait s'être réalisé sur le message principal tel que l'enseignant-guide l'avait introduit, mais lors de cette évaluation les trois quarts d'entre eux ne peuvent le mettre ensuite par écrit.

L'évaluation nous apprend également que les élèves peuvent comprendre au moins le principe de l'effet Doppler. Le concept est *dans une certaine mesure* à leur portée. Ils sont même capables, pour certains, de le mettre en œuvre dans le cas particulier des galaxies.

Il semble de plus, que la séance de guidage ait été perçue positivement car elle a permis aux élèves d'accéder à une meilleure compréhension du document (et ce, même si la formulation du message principal reste difficile). Elle leur a également montré qu'il fallait être vigilant sur les ellipses mises en œuvre par l'auteur car elles peuvent induire en erreur.

3.4.6. Bilan de la séance de travail sur le document « Galaxies »

En comparaison avec la séance réalisée sur le document « ET », cette séance suscite de plus grandes difficultés. Elle n'en est pas moins riche en informations, et dans une large mesure, elle confirme les résultats de la première séance de guidage.

Même si à l'issue de la séance de nombreux élèves semblent encore avoir des difficultés à exprimer le message principal, leur participation et le contenu de leurs commentaires montrent qu'une séance de ce type est tout à fait envisageable dans une progression.

La séance a permis de réinvestir des connaissances sur la lumière. Elle permet également de conduire les élèves à repérer les facilités employées par l'auteur et à hiérarchiser les risques associés. Ici, c'est un non-dit qui se détache du reste en matière de risque : le rôle charnière de la vitesse relative d'une galaxie pour nous renseigner, via l'effet Doppler, sur sa distance. Cela étant, si le travail nous semble pertinent au regard des réactions des élèves pendant la séance, il serait risqué d'affirmer qu'il y eut une réelle progression de leur part dans la hiérarchisation des EFOP. Tout au plus pouvons-nous affirmer qu'ils semblent être en mesure de détecter le caractère anodin de certains éléments facilitateurs. Une évaluation de ce groupe après le guidage ne saurait suffire dans la mesure où la paraphrase du guide serait trop tentante. Notre choix s'est donc orienté vers une évaluation de la prise d'autonomie des élèves pour la hiérarchisation des EFOP, ceci sur la base d'un nouveau document. C'est dans cet esprit qu'a été élaboré le travail sur le document « matière » que nous présentons plus loin.

Par ailleurs, nous avons pu ressentir une réelle satisfaction des élèves à mieux comprendre un phénomène qui, initialement, leur a semblé si compliqué. L'évaluation des séances mise en place dans la 4^{ème} partie de cette recherche s'attachera à relever des éléments précis pour éclairer ce point.

Nous allons maintenant analyser les productions des élèves lors d'une analyse en situation d'autonomie, avec le document « Matière ». Notons bien qu'il s'agit d'une autonomie bien relative. L'élève répond individuellement chez lui, mais réagit à des questions bien précises. On est évidemment loin de la réaction spontanée d'un individu en situation de lecture solitaire.

3.5. *Analyse du travail rendu par les élèves sur le document « Matière »*

3.5.1. Présentation du travail donné aux élèves

Afin de prolonger tout en l'évaluant le travail que l'on vient de décrire, initié dès le début de l'année, nous avons demandé aux élèves, lors du dernier trimestre, d'effectuer un devoir à la maison. Du point de vue du contrat didactique usuel et dans la perspective de maximiser l'acceptabilité du dispositif didactique étudié ici, il y avait un intérêt à rendre ce travail « sérieux », aux yeux des élèves, en proposant une évaluation chiffrée en fin de cycle. Par ailleurs, c'était, dans le cadre de cette recherche, un moyen d'apprécier, à la suite des séances de formation, l'autonomie des élèves dans le repérage des simplifications et dans la hiérarchisation des risques qui y sont associés.

Les élèves ont eu environ trois semaines pour effectuer ce travail. L'évaluation chiffrée a porté sur trois critères essentiellement :

- La qualité de la présentation et de la rédaction
- La compréhension des phénomènes physiques présentés dans le document
- Le repérage des simplifications et leur hiérarchisation

Seul le dernier critère d'évaluation était en rapport avec le travail effectué sur les documents « ET » et « Galaxies » mais il s'agissait de ne pas décourager ou trop pénaliser les élèves pour lesquels la méthodologie de l'analyse critique du document, que nous avons tenté de développer chez eux, n'est pas encore disponible.

Le devoir se présentait sous la forme de dix questions en lien avec le document matière (pour rappel, voir Annexe V. p.403) :

- 1/ Quel est l'objectif principal de ce document ?
- 2/ Que vous semble-t-il important de retenir ?
- 3/ Quel lien existe entre les accélérateurs de particules et le Big Bang ?
- 4/ Parmi les schémas (1), (2), (3), (4), (5) accompagnés de leurs légendes, dire, au vue de vos connaissances ce qui peut être considéré comme simplifié et si c'est, selon vous, gênant pour un public non initié. Justifier votre point de vue.
- 5/ A propos du lexique fourni (en bas à droite : « les mots clés ») : à quels passages du texte font référence les mots cités ? Analyser l'intérêt et la pertinence des explications fournies.
- 6/ A propos du texte de la page de droite :
 - a) Quel est l'intérêt d'un accélérateur de particules gigantesque de 85km de circonférence ?
 - b) Rechercher (dans une encyclopédie, sur Internet...) de quelle manière on peut accélérer des particules chargées. Commenter alors le texte.
- 7/ Donner la signification de chaque partie ((a), (b), (c), (d), (e), (f)) du schéma de la page de droite. Commenter éventuellement.
- 8/ Enumérer les parties (textes et images) de ce document que vous n'avez pas comprises, et dire précisément ce que vous ne comprenez pas.
- 9/ En conclusion, que pensez-vous de ce document ? (Intérêt ? qualité(s) ? défaut(s) ?) Le recommanderiez-vous ? Si oui, à qui et pour comprendre quoi ? Si non, pourquoi ?
- 10/ Quel(s) enseignement(s) tirez-vous de ce travail ?

Le choix des questions posées.

L'idée directrice pour la construction de ce questionnaire est d'évaluer l'identification du message principal, d'inciter à une analyse critique en cherchant à repérer les EFOP, et de mettre sur la voie d'une hiérarchisation. On voudrait également connaître l'opinion des élèves sur le document, mais aussi sur le travail qui leur est demandé. Les questions sont construites pour donner aux élèves l'occasion de s'exprimer sur ce point sans mentionner explicitement l'idée de hiérarchisation des obstacles potentiels à la compréhension. L'éventuelle apparition d'une telle hiérarchie sera appréciée en conséquence.

Dans le détail :

Question 1 :

On cherche à savoir si le message principal est effectivement identifié.

Question 2 :

L'idée ici est de savoir si, en le demandant explicitement, l'élève retient le message principal qu'il formule en réponse à la question 1 comme l'information essentielle de ce document, ou bien si ce message est complexifié voire écarté par d'autres éléments.

Question 3 :

Il s'agit de voir si les élèves font le lien entre les différentes zones du document, notamment l'encart de la page de droite et le texte principal page de gauche (voir 2^{ème} partie, section 2.4 p. 91).

Question 4 :

Les élèves ayant reçu un enseignement sur le thème de la matière, ils sont *a priori* en mesure de repérer les éléments facilitateurs dans cette série de schémas. Le fait de demander aux élèves de se prononcer sur l'accessibilité de ces schémas pour un public non initié, est un moyen indirect, d'inciter à émettre une opinion sur le caractère d'obstacle potentiel que peut présenter un élément facilitateur précédemment repéré. On s'attend, en effet, à ce que les élèves disent, par exemple, qu'ils peuvent comprendre parce qu'ils ont reçu un enseignement sur ce thème, mais que d'autres pourraient avoir une compréhension partielle ou erronée.

Question 5 :

On cherche à savoir si les élèves vont repérer que certains mots du lexique n'apparaissent pas dans le texte, ou s'ils pourront dire que ces informations supplémentaires n'aident pas à la compréhension.

Question 6 :

Les deux questions qui suivent nécessitent de faire des recherches complémentaires. De cette façon, les élèves sont amenés à confronter plusieurs sources d'information.

- a) Le document n'expliquant pas l'intérêt de la taille de l'accélérateur, nous donnerons aux élèves une occasion de dire ce qu'ils pensent de ce manque d'information.
- b) Comme expliqué dans la partie 2 lors de la présentation du document « Matière » (voir 2^{ème} partie, section 2.4 p. 91), l'idée que les particules puissent être accélérées au sens de voir leur vitesse linéaire augmenter par un champ magnétique seul est fausse. On cherche à savoir ici, si la confrontation avec d'autres sources peut permettre aux élèves de mettre en cause le document.

Question 7 :

La représentation de l'accélérateur de particules est particulièrement floue. Le fait de porter l'attention des élèves sur cette partie a pour objectif de leur donner l'occasion de formuler des critiques sur cette présentation.

Question 8 :

Il n'est jamais aisé de repérer ce que l'on ne comprend pas. Cette question a pour vocation de voir si un élève qui n'a pas correctement identifié le message principal est en mesure de le dire. Plus généralement, on cherche à savoir si l'élève associe sa mauvaise compréhension d'un concept à la présentation qui en est faite dans le document.

Question 9 :

Dans cette question on attend que les élèves se prononcent globalement sur la qualité du document. Les éléments ajoutés dans la question sont là pour préciser nos attentes.

Le fait de savoir si les élèves recommanderaient le document est un bon moyen d'avoir une idée de la qualité qu'ils accordent à ce document. En demandant à quel public ils recommanderaient le document et pour comprendre quoi, on s'attend à ce que les élèves fasse le lien entre les obstacles potentiels et le public.

Question 10 :

A travers cette question, on cherche à savoir si le travail d'analyse critique proposé est jugé intéressant par les élèves. On s'attend également à ce que les élèves se prononcent sur l'intérêt du document lui-même.

Ce questionnaire a été établi de façon à obtenir des informations dans le cadre de cette recherche et plus particulièrement dans le but d'avoir une idée du comportement des élèves dans l'analyse critique d'un DONS en situation d'autonomie relative.

Il peut néanmoins être utilisé dans le cadre d'un travail avec les élèves par le professeur. Dans cette optique, la question 8 peut être supprimée.

Notons que tous les élèves ont rendu le travail demandé en temps et en heure.

Comme ce fut déjà le cas pour l'analyse de nos précédents questionnaires, nous n'avons pas opté pour une analyse des réponses des élèves question par question. Nous avons conservé notre grille thématique associée à nos trois thèmes principaux, à savoir :

- 1) L'identification du message principal, présence éventuelle d'une réduction scolaire et difficulté à relier entre elles les différentes zones du document.
- 2) Le repérage des simplifications et leur éventuelle hiérarchisation par les élèves.
- 3) L'intérêt que les élèves ont porté au document et au travail d'analyse qu'ils ont effectué.

L'analyse qui va suivre sera donc faite d'une manière transversale, c'est-à-dire que nous allons repérer les différents thèmes ciblés dans l'ensemble des réponses faite par un élève.

On s'attend à repérer le thème 1) dans les réponses aux questions 1) à 3) et éventuellement 4) et 8). De la même façon, l'analyse critique à laquelle se réfère le thème 2) apparaîtra le plus

probablement dans les réponses aux questions 4), 5), 6) et 8). Enfin, c'est dans les réponses aux questions 9) et 10) que nous pourrions discuter le thème 3) sur l'intérêt porté au document.

3.5.2. Identification du message principal de référence, réduction scolaire, et lien entre les zones

Rappelons que le message principal qui a été choisi comme référence pour ce document est qu'il est possible, via un accélérateur de particules, de reproduire les conditions du Big Bang pour étudier la genèse de l'univers (voir partie 2 p.91).

L'identification du message principal par les élèves sera donc appréciée à l'aune de ce critère.

Concernant la réduction scolaire, on s'attend à ce que les élèves se centrent sur la compréhension de la structure de la matière, partie du programme de la classe de seconde, que les élèves ont étudiée pendant plusieurs semaines.

Pour ce qui concerne le lien entre les zones, rappelons que le document se compose de quatre zones : le texte principal (page de gauche), l'encart sur la structure de la matière (en bas à gauche), l'encart sur le LEP (page de droite), et le lexique (en bas à droite). Nous tenterons, au travers des réponses des élèves, de repérer une éventuelle difficulté à relier ces zones entre elles.

Les résultats fournis dans le tableau suivant correspondent aux trois années de guidage (N=94) ; un même élève pouvant donner des réponses qui intègrent les différents critères, il s'agit d'un nombre d'occurrence :

Catégories	Nombre d'occurrence (N=94 élèves), réponses non exclusives
Identification correcte du message principal	70
Présence d'une réduction scolaire	43
Difficultés à relier les zones entre elles	20

Tableau 3.10 : Modalités d'identification du message principal par les élèves sur le document « Matière » (années 1, 2, 3).

- 70 élèves (74%) identifient le message principal dans l'une de leurs réponses (entre les questions 1) à 3)). Ceci est un résultat supérieur à ceux observés pour les documents « ET » (63%) et surtout « Galaxies » (17%). Voici deux exemples de ce que l'on peut trouver comme réponse d'élève que nous avons jugée en accord avec le message principal de référence :

« L'objectif principal de ce document est de nous faire comprendre que grâce à des machines (les accélérateurs de particules), les physiciens peuvent étudier la matière et l'énergie dans des conditions intimement reliées et supposées être proches de celles du Big Bang »

« L'objectif principal de ce document est de nous expliquer comment, à l'aide notamment d'accélérateurs de particules ou autres machines

impressionnantes, les scientifiques arrivent à reproduire les conditions du Big Bang, et peuvent alors vérifier la théorie de celui-ci »

- La présence d'une réduction scolaire reste importante puisque 43 élèves (soit 46%) disent que l'objectif est l'étude de la structure de la matière ou le mettent en tête des différents objectifs qu'ils ont pu repérer, comme l'illustrent ces exemples :

« L'objectif de ce document est de montrer de quoi est composée la matière et de présenter les accélérateurs de particules »

« L'objectif principal de ce document est d'étudier la matière, de comprendre son organisation... »

Cependant, il est à noter qu'un élève peut faire preuve d'un premier abord scolaire en mettant en avant que l'objectif du document est de comprendre la composition de la matière, tout en montrant, un peu plus loin dans ses réponses, qu'il a parfaitement identifié le message principal ; c'est d'ailleurs le cas le plus fréquent. Cet exemple en témoigne bien :

« L'objectif principal de ce document est d'étudier la matière, comment la matière s'organise dans l'univers, comprendre l'infiniment grand, étudier l'énergie (...) L'accélérateur de particules essaie de reproduire ce qui s'est passé lors de la création du monde, c'est-à-dire le Big Bang ».

Dans ces conditions, on peut se demander si cet abord scolaire fait véritablement écran au message principal. Nous avons remarqué, lors de l'étude des documents précédents, que plus le premier abord était scolaire, plus il semblait difficile pour les élèves d'identifier le message principal (voir tableau 2.3 et commentaires, p.115). Or cela ne semble pas être le cas ici : seuls 8 élèves disent que l'objectif principal est de comprendre comment est structurée la matière et n'ont pu identifier correctement le message principal par la suite.

En conséquence, nous pouvons penser que les séances de guidage ne font pas (dans une démarche aussi courte) disparaître cette tendance naturelle de l'élève à se centrer sur un réinvestissement direct de ses connaissances, mais en revanche, il n'est pas exclu que ces séances aient permis que les effets de ce que nous avons appelé la réduction scolaire s'atténuent notablement, car cela n'empêche pas les élèves d'identifier par la suite le message principal (moins de 10% des élèves restent en difficulté). Autrement dit, les élèves semblent manifester ici que l'étude d'un document ne se limite pas à un réinvestissement des connaissances abordées précédemment en cours. Bien entendu, la structure et le thème du document sont également des candidats très pertinents pour expliquer cet effet.

- 20 élèves (soit 21%) ont des difficultés à relier les différentes zones du document entre elles, comme l'illustre cet exemple :

« Je n'ai pas compris le schéma sur l'accélérateur de particules car il n'y avait aucune légende ! En effet, je ne comprends pas vraiment le rapport avec le schéma suivant sur « qu'est-ce que la matière »

Par rapport aux résultats obtenus avec le document « Galaxies » (29 élèves en difficulté, soit 31%), l'évolution n'est pas très significative. Elle est d'ailleurs peut-être liée au fait que le document « Galaxies » est plus difficile conceptuellement que le document

« matière ». Il pourrait s'agir là d'un problème de lecture de document au sens large, non spécifique à la Physique. Rappelons que l'organisation d'un document en différentes zones a notamment été analysée, en tant qu'obstacle potentiel à l'appropriation du message associé, dans le projet STTIS (Pinto *et al.* 2003). L'activité proposée sur l'étude d'un DONS en classe peut éventuellement contribuer à ce que les élèves travaillent cet aspect de la lecture d'image. Cet exemple montre qu'en conduisant l'élève à analyser les différentes zones on peut l'amener à mettre les informations en liens les unes avec les autres :

« Au début la compréhension est assez difficile mais après avec des explications et le regroupement d'informations tout devient plus simple ! Le document est assez court, on ne s'ennuie pas pendant la lecture qui est d'ailleurs ponctuée de schémas avec des légendes généralement explicites... »

En résumé, cette première analyse nous permet de penser que les séances de guidage réalisées avec les élèves, si elles n'ont pas levé toutes les difficultés, ont probablement contribué à les atténuer, notamment en réduisant les effets de l'abord scolaire et en incitant les élèves à faire l'effort de relier conceptuellement les différentes zones du document entre elles. Il va sans dire, qu'il ne s'agit pas ici de démonstration sans appel, mais de recueil d'indices dans un contexte complexe.

Du repérage des simplifications à la hiérarchisation des risques associés

Concernant les facilités conceptuelles, nous avons choisi de nous centrer sur quelques parties (voir 2^{ème} partie p. 90) :

- Les différents schémas de bas de page en présentent plusieurs points qui retiennent notre attention (échelles, molécule représentée comme un cristal, trajectoire localisée des électrons, « enveloppe » de l'atome et des nucléons...)
- Dans le texte (page de droite), on explique que l'on accélère les particules à l'aide de puissants champs magnétiques.

Nous avons choisi de repérer les réponses des élèves sous plusieurs catégories. Ces catégories ont été établies afin de répondre au questionnement suivant :

- ❖ Les élèves ont-ils repéré des invraisemblances ou des facilités ?
- ❖ Sont-ils parvenus à hiérarchiser les risques qui y sont associés ?
- ❖ Quelles critiques d'ordre général formulent-ils le plus souvent ?

12 catégories ont été établies, regroupées sous trois thèmes majeurs :

- Les critiques d'ordre général :
 - Il manque des informations ou le texte n'est pas assez précis

Il s'agit d'une critique tout à fait générale où l'élève exprime qu'il aurait souhaité des informations complémentaires pour l'aider à comprendre, ou que le texte n'en dit pas assez sur certains aspects (par exemple, les quarks ou les quatre forces physiques, ou encore le schéma de l'accélérateur de particules...) :

« Le schéma de l'accélérateur de particules me paraît difficile à comprendre ; il n'y a aucune légende et les dessins ne sont pas très significatifs. J'ai du mal à saisir ce que la flèche représente exactement, le dessin (d) est vague. Quelques légendes m'auraient aidé pour comprendre plus exactement ce dessin ».

« Je trouve que le document n'est pas très clair dans le texte principal, au deuxième paragraphe : « grâce à l'abaissement de la température de l'univers, les quatre forces physiques vont pouvoir se mettre en place ». Comment grâce à la diminution de la température, les forces se mettent en place ? Elles n'existaient pas avant ? »

« Je pense avoir très bien compris ce document, bien qu'il m'aura fallu quelques recherches supplémentaires sur Internet afin de ne pas faire de fausses déductions ».

« J'aurais aimé en savoir plus sur les quarks cités dans les schémas résumant la matière en bas de la page ».

➤ Le lexique est utile et adapté

Dans les réponses qu'il formule (notamment à la question 5), l'élève montre qu'il considère le lexique comme utile ou nécessaire à la compréhension de l'ensemble :

« Je trouve très bien les définitions des mots difficiles ; cela aide beaucoup à la compréhension ».

« C'était une bonne idée de mettre un lexique, effectivement, grâce à cela, les lecteurs les moins initiés sont aidés. Cela facilite donc la compréhension du document ».

➤ Le lexique est mal adapté ou trop vague

La réponse de l'élève donne des éléments qui nous permettent de penser que le lexique ne lui a pas donné satisfaction :

« Peut-être aurait-il fallu détailler un peu plus ces définitions, pour aider à la compréhension ».

« Pour ma part, je trouve que la partie « mots-clés » est totalement à refaire : les définitions sont trop compliquées si on n'a pas de bases en physique ».

« ...pour un débutant en physique-chimie, ce document contient plus d'informations incomprises qu'autre chose. Même si le vocabulaire explique

les notions de bases, la définition en elle-même est complexe. Par exemple, la définition des particules, ou l'explication « charge-positon ou négative-masse... » est encore plus floue que le mot « particule ». »

- Certains mots du lexique ne sont pas dans le texte

Il s'agit des élèves qui ont indiqué que les mots du lexique, photon et antimatière, ne sont pas présents dans le texte :

« Dans le lexique, je ne comprends pas pourquoi le mot « photon » apparaît car on ne le voit pas dans le texte ».

« Il me paraît étrange de donner la définition de mots dont on n'entend pas parler dans le reste du texte ».

- Les invraisemblances et facilités :

Nous présentons ici, les principaux points de vue des élèves ; les fréquences associées sont regroupées en un tableau (tableau 3.11 p.214) :

- Les échelles ne sont pas respectées

L'élève a repéré que les échelles sur les schémas de bas de page n'ont pas été respectées :

« Ce que je trouve invraisemblable, est que la Terre soit plus petite que la banane et la clé, cela devrait être l'inverse ».

- La molécule est représentée comme un cristal

L'élève met en doute que les molécules puissent se représenter sous la forme d'un cristal comme le laisse entendre le schéma et sa légende :

« Schéma (2) : ce qui est simplifié sur ce schéma, c'est la répartition des molécules. Avec ce que j'ai appris cette année, les molécules ne sont pas toutes de formes identiques. De plus, la flèche passant du schéma (1) au schéma (2) part de la banane vers une molécule qui est en réalité celle d'un métal. (...) Cela peut donc conduire un public non initié à une confusion au niveau de la compréhension »

- La trajectoire des électrons semble localisée

L'élève signale que la représentation de la trajectoire des électrons a été simplifiée sans que cela ne soit indiqué :

« Ce qui est invraisemblable, c'est qu'on puisse voir un noyau avec ses électrons autour de lui en voyant le chemin qu'ils doivent faire »

« Pour le schéma 3, on voit que l'électron tourne autour du noyau de façon régulière, c'est-à-dire qu'il décrit toujours la même trajectoire. Ceci est

simplifié car, même si les électrons passent plus à des endroits qu'à d'autres, il n'est pas précisé que les électrons ont des trajectoires complètement anarchiques »

- Il semble qu'il y ait une enveloppe à l'atome ou aux nucléons

L'élève repère que les schémas 4 et 5 de bas de page laissent supposer qu'il pourrait y avoir une enveloppe au noyau et aux nucléons, ce qui ne correspond pas à ce qu'il a appris :

« De plus, dans le schéma 5, on peut se demander ce qu'est le quark. En effet, comme il y a une enveloppe, on ne sait pas si la flèche désigne les « cercles » ou ce qu'il y a entre eux et l'enveloppe »

- La Terre est un ensemble de grosses molécules

L'élève met en question l'affirmation selon laquelle la Terre serait un ensemble de grosses molécules, mais son argumentation n'est guère plus correcte.

« Dans la légende du schéma 1, il est dit «La Terre est un ensemble de grosses molécules », or, il n'existe pas vraiment de grosses ou de petites molécules ! De plus, ce n'est pas vraiment la Terre en elle-même qui est composée de « grosses molécules » mais plutôt les composants de la Terre ! Comme par exemple l'air, l'eau »

- On accélère les particules chargées avec un champ électrique et non un champ magnétique au sens d'augmenter la vitesse linéaire

Suite à sa recherche, l'élève indique qu'on accélère une particule chargée avec un champ électrique. Comme une grande majorité des élèves ont trouvé cette information, nous avons comptabilisé ici les seuls élèves qui disent que le texte est erroné car il laisse entendre que les particules sont accélérées par un champ magnétique :

« On utilise, pour accélérer les particules, des champs électriques. Les champs magnétiques ont, quant à eux, le rôle de faire tourner les particules d'une trajectoire droite afin qu'elles suivent le tube qui se situe en arrondi. Le texte est donc faux puisque, selon mes sources, le champ magnétique ne sert pas à accélérer les particules ».

« Pour accélérer des particules, on utilise des champs électriques. Les champs magnétiques produits par des électro-aimants, quant à eux, servent à modifier la trajectoire prise par les particules. Donc, le texte du document est faux car dans celui-ci le champ magnétique joue le rôle du champ électrique. Le champ électrique, lui, n'est même pas cité ».

○ La hiérarchisation

➤ Existence d'une hiérarchisation plus ou moins élaborée

Les réponses de l'élève permettent de penser qu'il a hiérarchisé les risques associés aux simplifications ou invraisemblances qu'il a repérées. En voici un exemple détaillé correspondant à la réponse d'une élève à la question 4) relative à la critique des schémas de bas de page :

« Schéma 1 : Représenter une clé, une banane, et la Terre à la même taille paraît invraisemblable mais c'était le seul moyen de tout faire rentrer sur la feuille ! Cependant cela ne gêne pas du tout la compréhension lorsqu'on lit la légende.

Schéma 2 : Le schéma 2, quant à lui, est plus difficile à comprendre car l'on montre une molécule issue d'un métal, qui a une organisation bien spécifique, et on ne parle pas des autres corps. Chez un public non initié, cela pourrait émettre un doute.

(...)

Schéma 5 : Etant donné que l'on ne parle pas des quarks dans le reste du document, je ne vois pas grand intérêt à les indiquer, d'autant plus qu'il n'y a aucune explication sur ces particules. Bien sûr cela ne gêne pas non plus la compréhension du document ».

➤ Tentative de hiérarchisation – relativisation des OP compte tenu du public.

Il s'agit là des élèves qui tentent de hiérarchiser mais pour lesquels les priorités apparaissent moins évidentes :

« (...) Dans le schéma (3), les électrons semblent avoir un mouvement circulaire autour du noyau alors qu'en réalité ils vont dans tous les sens. (...) Je pense que ces schémas ne seraient pas appropriés pour un public non-initié du fait que la taille réelle des différents éléments représentés comme par exemple la molécule ou l'atome, qui peuvent être inconnus pour ce public, ne soit pas précisée ».

Dans un autre exemple, après avoir commenté chaque schéma (en repérant notamment les problèmes d'échelle et la trajectoire localisée des électrons), un élève écrit :

« Tout ceci n'est pas réellement gênant pour un public non-initié, cependant ce document ne donne pas les bonnes bases. Mais ces petites invraisemblances n'empêchent pas de comprendre l'objectif du document ».

Fréquences des réponses par catégories :

Catégories	Occurrences (N=94 élèves)
manque d'information	20
lexique utile et adapté	32
lexique mal adapté	29
échelles non respectées	44
molécule représentée comme un cristal	28
trajectoire des électrons localisée	33
enveloppe à l'atome ou aux nucléons	3
Terre ensemble de grosses molécules	22
Champ électrique et pas magnétique	12
Mots du lexique absent du texte	37
Hierarchisation forte	16
Tentative de hiérarchisation	33

Tableau 3.11 : Eléments d'analyse critique des élèves sur le document « Matière » et fréquences associées.

- Nous pouvons constater que les élèves repèrent certaines facilités ou invraisemblances avec des fréquences notables : 7 items du tableau 3.11 correspondent à des fréquences qui vont de 47% (44/94) pour les échelles non respectées à 23% (22/94) pour ce qui concerne la Terre qui serait un ensemble de grosses molécules.
- C'est déjà un résultat important que, en situation d'autonomie relative, les élèves soient en mesure de mettre en cause la représentation qui leur est proposée, et ce, en se basant sur les connaissances qu'ils ont acquises en cours d'année. En effet, on peut voir, par exemple, que 33 élèves (soit 35%) critiquent la représentation de la trajectoire des électrons, car ils ont appris que les électrons avaient un mouvement aléatoire autour du noyau (mais qu'ils avaient une probabilité de présence plus importante à certains endroits).
- Il est, de plus, à noter que, à propos d'une notion qu'ils n'ont jamais abordée en classe comme l'accélération d'une particule chargée, un certain nombre d'élèves (13%, 12/94) sont malgré tout en mesure de repérer une incohérence du texte.
- Dans le même ordre d'idée, et même si seulement 3 élèves l'ont repéré, il est tout de même remarquable qu'un élève de seconde puisse dire que la représentation du noyau ou d'un nucléon avec une enveloppe prête à confusion, comme le montre cet exemple :

« Dans le schéma 4, nous remarquons que les neutrons ainsi que les protons sont enveloppés dans une enveloppe, or ceci est faux. »
- Le fait que 21% des élèves réclament des informations ou des explications supplémentaires montre également qu'ils sont à même de juger de la qualité de leur compréhension.
- Par ailleurs, les avis sur le lexique sont partagés : si la plupart y sont favorables, un tiers environ le juge adapté alors qu'un autre tiers estime qu'il n'a pas l'efficacité

escomptée (au moins sur certaines définitions). Là encore, il est intéressant de constater l'exigence de certains élèves pour la qualité des informations qu'on leur fournit.

- Enfin, comme nous pouvons le constater, la hiérarchisation n'est pas une chose aisée. Seuls 16 élèves (soit 17%) donnent une réponse élaborée sur ce point. Pour autant, 33 élèves supplémentaires (soit 49 au total, 52%) ont tenté une hiérarchisation en accordant plus ou moins d'importance aux facilités ou invraisemblances (EFOP) selon le public visé. Compte tenu du fait que les élèves pratiquaient la démarche pour la première fois en situation d'autonomie, cette tentative de hiérarchisation mérite d'être soulignée.

Les obstacles à la hiérarchisation

Au vu de ces résultats, nous pouvons avancer deux hypothèses sur les facteurs qui tendent à faire obstacle à la hiérarchisation des EFOP chez les élèves :

- a) L'impression d'avoir compris bloque le processus de hiérarchisation.

Nous constatons que les élèves expriment souvent l'idée que, comme on finit par comprendre, même si ce n'est pas très rigoureux, ce n'est pas bien grave. Quelques éléments voulus comme facilitateurs, même s'ils sont en fait des obstacles potentiels à la compréhension, ne porteraient pas vraiment à conséquence. De ce fait, ces élèves ne considèrent pas qu'une facilité puisse engendrer des risques de mauvaise compréhension et *a fortiori*, sont loin d'établir une hiérarchie entre EFOP.

- b) Le souci de simplification rend secondaire l'exigence de rigueur dans la présentation des concepts.

Plusieurs commentaires d'élèves qui n'ont pas tenté d'établir une hiérarchie entre EFOP traduisaient l'idée que l'essentiel était que le document soit à la portée de tous. On n'est pas loin de l'idée critiquée par Roqueplo, que nous citons en introduction, selon laquelle « l'on pourrait avoir une idée d'un savoir sans comprendre ce savoir lui-même ». Placé dans cet état d'esprit, l'élève se trouve très limité dans son approche conceptuelle du document et n'est donc pas en mesure de formuler des critiques.

En résumé, si les résultats obtenus par les élèves pour le repérage des facilités et la hiérarchisation des risques associés en situation d'autonomie ne sont pas spectaculaires, ils méritent néanmoins l'attention. Ils montrent au moins, avec ce choix de document et de stratégie, qu'envisager l'étude des DONS en classe avec une approche critique peut amener les élèves à confronter différentes sources documentaires et elle les amène inévitablement à confronter la présentation des concepts dans le document à celle qui a été effectuée en classe. On a pu observer que les élèves font le point sur leur compréhension et réclament des informations supplémentaires ou des explications auprès du professeur. Ces observations s'inscrivent positivement dans une vision de l'élève comme demandeur et acteur de la construction de son savoir, dans un souci de cohérence et de rigueur.

3.5.3. Intérêt des élèves pour le document et le travail effectué

Les questions 9) et 10) posées aux élèves nous ont permis d'une part de déterminer quel jugement ils portaient sur le document, et d'autre part, d'avoir une idée de ce qu'ils pensent de l'analyse critique d'un DONS tel que le document « matière ».

Rappelons les deux questions posées :

9/ En conclusion, que pensez-vous de ce document ? (Intérêt ? qualité(s) ? défaut(s) ?) Le recommanderiez-vous ? Si oui, à qui et pour comprendre quoi ? Si non, pourquoi ?

10/ Quel(s) enseignement(s) tirez-vous de ce travail ?

A la lecture des réponses des élèves, le premier constat qui s'est imposé est que ces réponses ne sont pas en tout ou rien. Autrement dit, aucune analyse d'élève ne présentait un rejet en bloc du document et pas davantage une adhésion totale.

Nous avons cherché à repérer les indices qui faisaient se positionner un élève positivement ou négativement par rapport à des thèmes choisis. Les questions orientant l'analyse étaient :

L'élève trouve-t-il le document intéressant ?

A-t-il conscience de ses imperfections ?

Malgré ces imperfections, pense-t-il qu'il est intéressant pour d'autres ?

Quels apports y a-t-il eu pour l'élève à travers ce travail ?

Nous avons réparti les réponses des élèves suivants quatre thèmes associés chacun à plusieurs catégories :

❖ L'intérêt et la qualité du document :

- Le document est intéressant
- Le document est simple et compréhensible
- Le document est simple mais...
- Le document est difficile
- Le document n'est pas rigoureux ou trop simplifié
- Le document n'est pas clair

❖ Selon l'élève, à qui est destiné ce document ?

Il le recommanderait à :

- Des élèves de collège
- Des élèves de lycée

- Des étudiants
- Des jeunes
- Des initiés
- Des curieux
- Personne

❖ Qu'a appris l'élève en terme de contenu ?

J'ai appris des choses :

- sur le LEP ou son fonctionnement
- sur la structure de la matière
- sur le Big Bang
- sur la recherche
- autres

❖ Que pense l'élève de l'analyse critique ?

L'analyse du document :

- m'a permis d'apprendre à me méfier des documents de vulgarisation
- ne m'a pas été très utile
- m'a été profitable (au sens large)

Les tableaux suivants donnent les résultats en nombre d'occurrences pour chaque catégorie (non exclusive ; N=94 élèves) :

L'intérêt et la qualité du document	Occurrences (N=94 élèves)
Le document est intéressant	61
Le document est simple et compréhensible	25
Le document est simple mais...	42
Le document est difficile	5
Le document n'est pas rigoureux ou trop simplifié	35
Le document n'est pas clair	9

Tableau 3.12 : Commentaires des élèves sur le document « Matière » et fréquences associées (années 1, 2, 3).

- Environ les deux tiers des élèves (61/94) ont trouvé ce document intéressant à étudier :

« Je trouve ce document clair et explicite. Sa lecture permet de comprendre aisément le travail des scientifiques : connaître l'infiniment petit et les origines de l'univers. J'ai eu plaisir à le lire ».

- Très peu d'élèves l'ont jugé « difficile » (5/94) ou « pas clair » (9/94). Il serait imprudent d'avancer une influence sur ces résultats des séances de guidage que nous avons réalisées avec les documents « ET » et « Galaxies ». Cependant, le fait que les élèves jugent le document intéressant, bien qu'on leur ait demandé un travail nouveau et difficile, montre que ce travail n'a pas eu pour effet de démobiliser les élèves. Il faut également relever le contraste entre l'appréciation des élèves sur la difficulté apparente de ce document et l'avis récurrent des professeurs qui jugent souvent ces documents peu accessibles aux

élèves (en l'occurrence, le document « matière » ne fait pas exception à la règle comme on pourra s'en convaincre en lisant la quatrième et dernière partie de cette recherche, à propos de l'avis des professeurs sur le document « matière », voir 4^{ème} partie p.229). Cela répond, de plus, à l'une des interrogations des professeurs que nous avons relevée en première partie. En effet, il y avait l'hypothèse d'un antagonisme entre la recherche de la motivation et un travail rigoureux et conceptuel dans le cadre d'une sortie muséale (et donc, nous le supposons aussi pour les DONS en général). En bref, le travail conceptuel sur la cohérence n'a pas étouffé l'intérêt que les élèves pouvaient porter au document. Nous étayerons cette supposition grâce aux réponses concernant les apports de ce travail pour l'élève, plus loin dans cette analyse.

- A peine plus d'un quart (25/94) des élèves sont peu critiques vis-à-vis du document, alors que 45% d'entre eux (42/94) le jugent simple mais émettent un certain nombre de critiques. Parmi les thèmes des critiques les plus fréquentes, on retrouve des schémas peu rigoureux, un lexique pas toujours bien adapté, de trop grandes simplifications, ou encore des informations manquantes (des légendes et des explications sur le fonctionnement du LEP en particulier), comme en témoignent ces quelques exemples :

« Je ne comprends pas beaucoup les schémas 1-2-3-4-5 car c'est peut-être en ayant voulu trop simplifier qu'ils sont devenus compliqués, car il manque des explications »

« Je pense avoir relativement bien compris l'ensemble des parties de ce document, à l'exception peut-être de la partie sur l'accélérateur de particules, car son fonctionnement reste obscur et mal expliqué. Les définitions sont parfois fausses, ce qui contribue à perdre le lecteur comme avec les champs magnétique et électrique ».

Très souvent, ces critiques sur la crédibilité accordée au document conduisent les élèves à formuler des recommandations sur le public auquel ils destineraient ce document.

A qui est destiné ce document ?	Occurrences (94 élèves)
Des élèves de collège	17
Des élèves de lycée	10
Des étudiants	3
Des jeunes	19
Des initiés	14
Des curieux	24
Personne	4

Tableau 3.13 : Public adapté au document « Matière » selon les élèves (années 1, 2, 3).

- Seuls 4 élèves ne recommanderaient pas le document. Les publics les mieux adaptés selon les élèves sont les « collégiens », des « jeunes non-initiés », et les « curieux ». Dans l'esprit des élèves, le point commun de ces trois catégories, semble-t-il, est que les personnes visées n'ont que peu de connaissances en Physique (c'est-à-dire, moins que les élèves eux-mêmes). Pour les catégories de « collégiens » et de « jeunes non-initiés », on comprend qu'il s'agit d'adolescents alors que les « curieux » n'appartiennent à aucune catégorie d'âge (ce sont ceux qui veulent apprendre quelque chose). Les « collégiens » se distinguent des « jeunes non-initiés » par le fait qu'ils sont à l'école.

Le fait que les résultats soient similaires pour ces trois catégories (entre 15 et 20%) montre plusieurs choses : d'une part les élèves ne destinent pas particulièrement le document à une étude scolaire. D'autre part, il n'est pas limité aux adolescents. Enfin, le fait qu'ils le recommanderaient à un public non-initié est souvent justifié par des commentaires sur la rigueur du document : le document est très simplifié donc pour nous (élèves de seconde) ce n'est pas assez rigoureux, mais pour les non-initiés c'est déjà une bonne approche. Quelques exemples de réponses vont dans ce sens :

« Oui, je le recommanderais, et je pense immédiatement à mon cousin Kévin qui est en 5^{ème} et qui découvre cette année la Physique-Chimie. (...) Après ce travail, je me sens capable de lui expliquer ce document, de lui commenter les schémas. »

« Je le recommanderais aussi aux professeurs qui souhaitent expliquer à des élèves de petites classes et de manière simple le Big Bang et tout ce qui le concerne tel le LEP. »

« Je pense que ce document est intéressant et clairement simplifié. D'après moi, son défaut majeur est le manque de légendes du schéma de droite et le manque de pertinence de certaines définitions. Toutefois, je le recommanderais volontiers à une classe de 3^{ème}, et aux classes inférieures en leur fournissant toutefois des explications. D'après moi, ce document est trop simplifié pour un niveau lycée ; il reste cependant intéressant à tout âge car il apporte des notions de culture générale. »

« Je pense que ce document est avant tout destiné au grand public car la plupart des données et explications ne sont pas trop complexes. Néanmoins, je pense qu'il faut un minimum de connaissances à propos de la matière et des atomes pour le comprendre correctement. De plus, le problème des documents de vulgarisation, celui là compris, vient du fait que parfois, ils simplifient tellement leurs explications que cela peut nous induire en erreur. L'avantage d'un tel type de texte vient du fait qu'il permet d'être compréhensible pour tout public. Grâce à cela, la science devient accessible à tous, tout en restant assez résumée. »

Ces deux derniers commentaires permettent de distinguer une prise de conscience des élèves sur l'importance des simplifications. Cette prise de conscience apparaît être le point de départ vers une possible hiérarchisation des obstacles potentiels à l'acquisition des concepts.

- Les élèves qui recommanderaient le document à un public initié (lycéens + étudiants + initiés = 27/94), utilisent d'ailleurs le même argument : comme le document n'est pas très rigoureux et peut induire en erreur, il vaut mieux qu'il soit destiné à un public qui a déjà des connaissances (comme les élèves de seconde ou au-delà). Parfois, le document apparaît trop difficile d'accès à l'élève pour qu'il le recommande à des non-initiés, comme le montre cet exemple :

« ...Je trouve aussi qu'à des moments ses explications sont trop théoriques pour un public non-initié. Je le recommanderais à des personnes ayant quand

même une base de connaissances de physique et non pas à un public jeune, comme ma sœur âgée de 11 ans. Lorsqu'elle la lu, elle a éprouvé le besoin de me consulter pour quelques explications sur des mots incompris. Cela signifie donc qu'il n'était pas adapté à son niveau ».

- Quant à ceux qui ne le recommanderaient pas, c'est qu'ils trouvent le document trop vague et, quand ils argumentent, c'est pour reprendre les deux raisonnements précédents :

« En conclusion, je pourrais dire que j'ai eu un peu de mal à cerner le public à qui est dédié ce document. En effet, je pense qu'il manque d'explications et de bases pour un public non-initié, et qu'il n'est pas assez spécifique et recherché pour un public initié. Je ne le conseillerais donc à personne en particulier ».

Nous retiendrons des choix des élèves qu'ils ont, en large proportion, pris conscience que les facilités employées par l'auteur ne sont pas sans conséquence. En effet, les élèves destinent le document en fonction de la rigueur qu'ils lui attribuent. Alors, quand bien même la hiérarchisation des risques associés aux facilités employées reste difficile pour eux, c'est déjà un grand pas vers une analyse critique pertinente que d'avoir compris qu'il pouvait y avoir des conséquences à simplifier.

Qu'a appris l'élève en terme de contenu ? Des éléments...	Occurrences (94 élèves)
sur le LEP ou son fonctionnement	44
sur la structure de la matière	39
sur le Big Bang	50
sur la recherche	18
autres	7

Tableau 3.14 : Connaissances acquises par les élèves grâce au document « Matière » et fréquences associées (année 1, 2, 3).

- Selon de nombreux élèves, ce sont les informations sur LEP et le Big Bang qui leur ont permis d'apprendre (44/94 et 50/94 en font état, soit à peu près la moitié des élèves pour chaque item). La structure de la matière passe légèrement au second plan (39/94 soit 41%) et lorsqu'elle est évoquée, c'est très souvent parce que l'élève a découvert les quarks. De ce point de vue, le document a bien joué son rôle d'enrichissement et d'ouverture. Il a intéressé les élèves et ceux-ci semblent avoir gagné en culture générale en physique. Cela montre également que les effets de la réduction scolaire sont moins importants qu'on pouvait s'y attendre. Si 46% des élèves manifestaient des signes d'un premier abord scolaire (voir tableau 3.10 p.207), il semble que cela n'ait pas empêché les élèves de porter leur attention vers d'autres concepts abordés dans le document. Ces quelques exemples en témoignent :

« Les connaissances personnelles que je tire de ce document sont les origines de l'univers, je comprends mieux comment il a été formé. J'ai appris ce qu'était un accélérateur de particules... ».

« J'ai pu apprendre beaucoup de choses sur le fonctionnement des accélérateurs de particules et sur l'étude de la matière. De plus, ce devoir maison était plutôt bien pour nous apprendre à bien lire un document de sciences et il nous fait apprendre plein de choses ».

« Le principal renseignement que je tire de ce travail est que les résultats obtenus et la persévérance des scientifiques ainsi que les moyens qu'ils se donnent ne peut qu'aboutir prochainement ».

« Je sais à présent que les chercheurs tentent de reproduire les conditions du Big Bang à l'aide d'accélérateurs de particules ».

« Après ce travail, la physique remonte de 5 points dans mon estime et je pense qu'il ne faut pas s'arrêter à l'aspect rébarbatif des documents que l'on rencontre. Je ne savais pas non plus que l'on pouvait recréer les conditions du Big Bang, ce fut une surprise ! ».

- De plus, on observe des effets parallèles de ce travail. Car, nous ne l'avions pas envisagé, mais tout de même 18 élèves expriment leur satisfaction d'apprendre comment travaillent les chercheurs pour répondre à des questions (à la fois si essentielles et si mystérieuses pour le grand public) qui concernent, par exemple la naissance de l'univers. C'est, à notre avis, un élément important qui peut contribuer à la valorisation des sciences en général auprès des élèves.

Cet intérêt pour les différents thèmes abordés dans le document nous conforte dans l'idée que le travail d'analyse auquel les élèves se sont prêtés n'a pas pour effet de les démobiliser. Bien au contraire, certains nous ont même confié que, sans ce travail approfondi, ils n'auraient abordé le document que superficiellement car, *a priori*, cela ne les intéressait pas :

« Ce travail m'a appris qu'il faut prendre le temps de lire, et non survoler un article, car il peut être très intéressant. Il ne faut pas s'arrêter à cause de quelque chose que l'on ne comprend pas. Il m'a également fait comprendre que je pouvais m'intéresser à un sujet qui, à première vue, ne m'aurait pas attiré si je n'avais pas été obligé de travailler dessus. J'ai aussi compris qu'il ne faut pas s'y prendre au dernier moment pour réaliser un travail difficile. En définitive, ce devoir m'a fait prendre conscience de beaucoup de choses auxquelles je n'aurais pas réfléchi autrement ».

On peut aussi trouver dans ces réponses une mention des bénéfices parallèles en termes de comportement de l'élève face au travail personnel.

Ce dernier exemple n'est pas isolé du point de vue de l'intérêt que les élèves ont manifesté quant au travail d'analyse critique. Lorsque les élèves s'expriment sur ce travail, ils vont majoritairement dans ce sens :

L'analyse du document ...	Occurrences (94 élèves) Réponses exclusives
m'a permis d'apprendre à me méfier des documents de vulgarisation	12
ne m'a pas été très utile	3
m'a été profitable (au sens large)	40

Tableau 3.15 : Point de vue des élèves sur le travail d'analyse du document « Matière » et fréquences associées.

- 43% des élèves (40/94) ont exprimé, d'une façon ou d'une autre, que le travail d'analyse leur a été profitable (soit 73% des élèves qui se sont exprimés sur le travail d'analyse). Nous avons sélectionné ici les exemples les plus frappants qui illustrent la diversité des bénéfices possibles de ce type de travaux :

« L'enseignement de ce travail est qu'un bon document comporte toutefois des défauts. C'est pour cela qu'on doit avoir un esprit critique pendant l'analyse d'un document : ce n'est pas parce qu'un document paraît dans un magazine qu'il est parfait ».

« Premièrement, ce travail m'a aidé à développer un esprit critique. A présent, je comprends mieux pourquoi il faut consulter plusieurs sources pour être sûr de l'information que l'on avance. Aussi, il est intéressant d'analyser un document, et de savoir précisément, ce que l'on comprend et ce que l'on ne comprend pas ».

« Ce travail m'a avant tout apporté un plaisir au travail de recherche et à la rédaction en ce qui concerne une matière scientifique. Il est évident qu'il apporte certaines connaissances mais d'après moi l'intérêt véritable se trouve dans la recherche et la rigueur du travail ».

« Je pense aussi que l'on peut faire un long travail d'analyse sur ce document, cela nous sert à mieux comprendre le document ».

« Après l'étude de ce document, j'ai compris que lire un article dans un journal n'était pas forcément suffisant. Cela introduit une recherche future dans différents documents, des encyclopédies, Internet. Il est certain qu'un approfondissement des recherches est indispensable pour mieux comprendre ce dont le texte traite ».

« J'ai trouvé ce travail plutôt difficile car il demande de la réflexion pour fournir une critique argumentée. Il m'a permis d'innover en abordant ce sujet de physique de façon littéraire et pour cela j'y ai consacré plusieurs heures ».

« Grâce à ce travail, j'arrive mieux à analyser, je pense, ce genre de document et à les comprendre, ce qui est plus captivant qu'un travail où il faut répondre à des questions de cours. Et cela est plus agréable et nous fait comprendre et découvrir plein d'autres choses sur la physique que je ne pensais pas qu'on pouvait étudier et faire dans ce domaine ».

Ces quelques exemples montrent que le travail d'analyse peut être lui aussi motivant car il permet de rendre le document plus intelligible aux yeux d'un élève.

On peut aussi constater que le fait de s'écarter d'un travail scolaire par l'analyse critique a toute son importance aux yeux des élèves :

« J'ai trouvé ce travail très instructif, il m'a permis de pouvoir étudier un document en profondeur et aussi d'apprendre la rédaction d'une critique d'un texte de vulgarisation scientifique. Je pense qu'un document de ce type devrait comporter des explications simples mais claires. Le fait de trop simplifier certaines notions rend le texte parfois peu compréhensible. (...) Ce travail m'a aussi permis de me rendre compte que, la physique, c'est aussi savoir tirer des informations d'un document et d'en retenir l'essentiel et pas seulement effectuer des calculs et faire des TP ».

Ce résultat montre au minimum que le travail d'analyse critique d'un DONS en classe n'est pas sans intérêt du point de vue de la motivation qu'il suscite et de la formation de l'esprit critique. «... *savoir tirer des informations d'un document et d'en retenir l'essentiel...* » est une compétence transversale que ce type d'activité peut contribuer à développer.

- Chez quelques uns (12/94), le travail a conduit à une méfiance vis-à-vis des documents de vulgarisation. Il n'est cependant pas possible de dire si cette méfiance naissante est positive ou négative, c'est-à-dire, si l'élève ne voudra plus lire de vulgarisation sous prétexte qu'il ne peut plus avoir confiance, ou s'il aura une lecture critique visant à repérer les facilités employées par l'auteur.

« De ce travail, je tire l'enseignement qu'il ne faut jamais se fier totalement à ce qu'on lit surtout dans le cas d'un document de vulgarisation. Le grand avantage de ce travail est qu'il m'a permis de développer mon sens critique, ma réflexion et mon analyse à propos d'un document. De plus, je me rends compte que l'analyse est toujours la même quelle que soit la matière ».

« Pour finir, je dirais que cela m'a surtout appris à avoir un esprit critique à propos des articles réputés « intelligents ».

- Beaucoup d'élèves ne se sont pas exprimés sur ce travail critique. Ce qui peut nous laisser penser qu'ils le considèrent comme un travail comme un autre. 1 seul élève a montré une grande réticence à ce travail d'analyse critique :

« Je trouve que ce travail n'est pas du tout intéressant à faire, il n'y a presque pas de recherche et je ne vois pas du tout à quoi ça sert de critiquer un document... surtout si on le comprend et même si on ne le comprend pas d'ailleurs (...) ça ne changera pas le document de le critiquer. Le document en

lui-même est intéressant, il nous apprend pas mal de choses, mais c'est le travail d'analyse qui n'est pas super intéressant à faire ».

Un commentaire d'une telle franchise suggère qu'il n'y a pas eu de complaisance dans les réponses des élèves sur ce travail d'analyse. Cela étant, si le travail d'analyse n'a pas été profitable à cet élève (au sens où nous l'attendions), celui-ci n'a pas pour autant perdu son temps car il dit tout de même que le document lui a appris des choses. Par ailleurs, il faut d'ores et déjà remarquer qu'il ne s'agit pas de n'importe quel élève. En effet, c'est le meilleur élève de la classe en physique cette année là, qui se destine à des études scientifiques. On voit ici se dessiner un lien possible entre le haut niveau d'un élève en science, au sens scolaire du terme, et une réticence envers le travail d'analyse critique. C'est un point que nous tâcherons d'éclaircir dans la quatrième et dernière partie de cette recherche qui aura pour vocation, en particulier de nous intéresser à la satisfaction qu'ont pu avoir les élèves à travailler sur les DONS en classe pendant plusieurs séances.

3.5.4. Conclusion du travail sur le document « Matière »

Le travail fourni par les élèves nous a surpris par sa qualité et sa richesse. Les réponses, souvent très détaillées, nous ont permis d'affiner nos observations et notre analyse. Même si les résultats obtenus concernant le repérage des simplifications et, surtout, la hiérarchisation des risques associés (EFOP) restent cependant limités.

Nos résultats portent sur trois aspects essentiellement :

Bon nombre d'élèves ont constaté par eux-mêmes que le travail d'analyse permet de mieux comprendre un document, de cerner les difficultés, de repérer les facilités employées par l'auteur, et de ce fait, le document gagne en intérêt. Loin de s'opposer à l'effet motivant, comme l'avaient supposé certains professeurs concernant la visite muséale (voir partie 1), l'analyse critique et conceptuelle semble renforcer l'intérêt que les élèves portent au document. On a pu voir aussi que si le travail d'analyse n'emporte pas l'adhésion de tous, il n'empêche pas de trouver le document intéressant et donc au minimum peut renforcer la culture générale et susciter la curiosité pour les sciences. De très nombreux témoignages d'élèves (64/94 ont exprimé au moins une fois avoir appris quelque chose) nous ont montré qu'ils étaient satisfaits d'avoir glané un bon nombre de connaissances. De plus, il ne faut pas négliger le réinvestissement auquel a donné lieu ce travail. Car, pour l'élève, le simple fait de confronter ses connaissances à la présentation qui en est faite dans le document peut constituer une évaluation formative favorable à l'assimilation des concepts. Certes ceci reste ici conjoncturel, faute d'évaluation spécifique, mais il faut noter cependant que, si un élève est capable de dire qu'une représentation n'est pas correcte, c'est qu'il a lui-même en partie compris les concepts associés.

Les effets de la réduction scolaire et la difficulté à relier les zones entre elles, sans disparaître totalement à ce stade de l'expérimentation, semblent s'atténuer grâce au travail d'analyse. Même si les élèves réinvestissent leurs connaissances en analysant ce document, ils sont capables de porter leur attention sur d'autres concepts, et arrivent ainsi à identifier le message principal. De même, les élèves sont parvenus à établir des liens conceptuels entre ces

zones. De ce point de vue, il faudrait sans doute un travail plus régulier (en particulier chaque année scolaire) pour parvenir à des progrès plus probants.

Enfin, l'analyse en elle-même semble être très formatrice. Quelques élèves (8/94) ont fait référence à un travail « littéraire » par comparaison avec ce qui leur était demandé dans le devoir et dans d'autres disciplines scolaires. Il ressort de ces commentaires que la précision et la rigueur du travail demandé étaient difficiles mais très formatrices. La conclusion récurrente des élèves est qu'il ne faut pas prendre tout ce qui est écrit pour une vérité absolue et qu'il est nécessaire de confronter plusieurs sources. De ce fait, nous avons vu apparaître chez les élèves une volonté d'obtenir plus d'informations ou des explications de la part du professeur : la démarche de repérage des facilités (EF) et de hiérarchisation des obstacles potentiels (OP) semble bien être une des voies empruntables pour aider les élèves à s'affirmer comme demandeurs et acteurs de la construction de leur savoir.

4. EXPERIMENTATION EN CLASSE : CONCLUSION

Cette expérimentation avait pour premier objectif de tester la faisabilité de l'étude des DONS en classe, en proposant une approche critique conceptuelle.

En premier lieu, le déroulement des séances de guidage a manifesté la participation active des élèves aux débats qui leur ont été proposés. Pour les élèves, la séance de guidage, bien que sortant de l'ordinaire, semble être une séance de travail d'importance analogue aux autres s'intégrant dans le cursus normal.

Le bilan de ces séances suggère que l'identification du message principal est en particulier conditionnée au fait de relier les différentes zones du document entre elles. Plus le document est complexe, plus la mission est difficile. D'autre part, l'identification du message principal, suppose une diminution des effets de la réduction scolaire. De ce point de vue, le travail a montré que le fait de se livrer à une analyse critique du document contribue à ce que les élèves ne se centrent pas uniquement sur un réinvestissement de leurs connaissances. Ils semblent même satisfaits d'apprendre des choses nouvelles.

Pour autant, le réinvestissement des connaissances n'est pas à négliger. Lors de la recherche des facilités employées par l'auteur du document (EFOP), nous avons pu constater, par exemple, que la séance de guidage sur le document « Galaxies » avait permis de clarifier un certain nombre de concepts sur la lumière. C'est, nous semble-t-il, un élément important pour l'apprentissage. L'analyse critique d'un DONS est un moyen parmi d'autres pour consolider des acquis de l'année ou des années précédentes.

Le repérage des facilités (et des obstacles potentiels qu'elles peuvent engendrer) constitue un élément central de ces séances de guidage. En effet, c'est à partir de ce repérage que la discussion conceptuelle s'engage véritablement. Elle permet le réinvestissement, mais aussi c'est là que peut commencer la tentative de hiérarchisation des risques associés. Sur ce point, les élèves ont montré que, lorsqu'ils étaient guidés, cette hiérarchisation leur était possible. Ils prennent alors conscience de l'importance de conserver un esprit critique à la

lecture d'un document de vulgarisation. La tâche se complique cependant lorsqu'ils se retrouvent en situation d'autonomie relative comme l'a montré l'analyse des résultats sur le document « Matière ». En bref, l'élève peut distinguer dans la majorité des cas si une facilité peut gêner la compréhension du message principal, mais il lui est plus difficile de déterminer si cette facilité peut comporter des risques de mauvaise compréhension de concepts périphériques au thème principal. Sans doute cette autonomie dans la démarche ne peut-elle se développer qu'avec une pratique régulière de l'analyse de DONS en classe.

Le travail d'analyse critique a également permis de répondre à l'une des questions que nous avons soulevée lors de notre investigation auprès des professeurs dans le cadre des sorties muséales. L'interrogation portait sur le fait que, pour bon nombre de professeurs, il existe un antagonisme entre la recherche de la motivation lors d'une visite au musée et un travail conceptuel qui lui serait associé. Les résultats obtenus, en particulier avec le travail des élèves sur le document « Matière », nous permettent de penser que cet antagonisme n'a rien d'une fatalité. En effet, de nombreux témoignages d'élève montrent que le travail d'analyse a permis une meilleure compréhension, et a entraîné les élèves les plus réticents à s'intéresser au document. Ceci nous amène naturellement sur le terrain de la motivation des élèves.

Un point de départ de cette recherche était de répondre à la question suivante : peut-on bénéficier de l'effet accrocheur des DONS dans l'enseignement pour aller plus loin sur le plan conceptuel? Les réponses des élèves nous ont montré que l'effet accrocheur est opérant dans une large mesure. Pour autant, cela n'empêche pas les élèves de formuler des critiques sur le document. Ils prennent rapidement conscience que l'apparente accessibilité ne donne pas nécessairement lieu à une compréhension plus aisée ; à ce sujet, les remarques formulées lors du travail sur le document « Galaxies » le montrent bien, qui se résument par : le document est humoristique mais ce n'est pas très clair. Alors qu'en est-il réellement de la motivation des élèves ? Il semble, d'après les commentaires de bon nombre d'entre eux, que la véritable source de motivation ne se trouve pas dans l'humour décalé ou le côté spectaculaire d'un DONS mais dans la satisfaction d'avoir compris de nouveaux concepts et acquis de nouvelles connaissances. C'est, de notre point de vue, l'enjeu majeur de l'étude des DONS en classe.

Finalement, le bilan de cette expérimentation s'avère positif en ce que l'étude critique des DONS en classe permet une meilleure compréhension conceptuelle, développe la curiosité et la culture scientifique des élèves sans pour autant perdre l'effet attractif du document, ceci en proportion notable. Elle amène certains d'entre eux vers une satisfaction intellectuelle qui peut être une source de motivation bien plus profonde que l'effet « bande dessinée ». De surcroît, elle contribue à rendre l'élève acteur de la construction de son savoir en l'amenant à être demandeur d'informations et d'explications supplémentaires.

Afin d'affermir les observations et d'étendre la base de nos premiers éléments de conclusion, nous avons souhaité interroger les élèves de manière à la fois explicite et globale sur l'ensemble du travail réalisé au cours de l'année. C'est ce à quoi va s'attacher la quatrième et dernière partie de cette recherche, qui se complète, en contrepoint, du point de vue *a priori* de quelques enseignants sur l'activité proposée pour le document « matière ».

4^{ème} PARTIE

Une évaluation du travail d'analyse sur les DONS par les élèves et par les professeurs

1.	INTRODUCTION	229
2.	EVALUATION DU TRAVAIL SUR LE DOCUMENT « MATIERE » PAR LES PROFESSEURS	230
2.1.	<i>Présentation des questionnaires proposés aux professeurs.....</i>	230
2.2.	<i>Comment les professeurs travailleraient sur le document « Matière »</i>	233
2.3.	<i>Point de vue des professeurs sur le travail d'analyse proposé aux élèves sur le document « Matière »</i>	238
2.4.	<i>Conclusion sur le positionnement des professeurs sur l'étude d'un DONS</i>	244
3.	EVALUATION PAR LES ELEVES DU TRAVAIL DE L'ANNEE	246
3.1.	<i>Présentation du questionnaire.....</i>	246
3.2.	<i>Positionnement des élèves sur le travail en classe</i>	246
3.3.	<i>Positionnement des élèves sur le travail à la maison</i>	251
3.4.	<i>A propos de la satisfaction des élèves</i>	255
3.5.	<i>Conclusion sur le bilan fait par les élèves.....</i>	260
4.	CONCLUSION DE L'EVALUATION PAR LES ELEVES ET LES PROFESSEURS	261

1. INTRODUCTION

La réalisation d'un bilan sur le travail réalisé nécessitait de recueillir d'une part l'opinion des professeurs et d'autres part l'opinion des élèves.

Du côté des professeurs, nous avons, au cours de la phase exploratoire (voir partie 1), recueilli un certain nombre d'informations qui nous avaient permis, entre autres, de mettre en évidence une forme de réduction scolaire lors de l'utilisation des DONS par les professeurs.

Les questionnaires avaient également permis de montrer que les professeurs semblaient relativement désorientés devant la conduite à tenir pour travailler sur ces DONS. Si bien, que, contrairement au cas des sorties muséales, nous n'avons pas senti une volonté de travailler sur les DONS avec les élèves. Nous avons même perçu une certaine réticence à faire usage des DONS. La critique des documents de vulgarisation porte essentiellement sur leur présentation, le contenu étant bien souvent jugé hors de portée des élèves. Mais les aspects conceptuels sont très peu abordés, encore moins les facilités employées dans ces documents. (Voir partie 1).

Dans ce contexte, nous voulions savoir, d'une part, quelle était l'opinion des professeurs sur le travail que nous avons proposé aux élèves, en l'occurrence sur le document « Matière ». Il était intéressant, en particulier, de voir si, au travers des questions que nous avons posées aux élèves (voir partie 3 p.203), les professeurs pouvaient discerner celles qui permettent une approche conceptuelle sans pour autant rester dans une démarche exclusivement scolaire.

D'autre part, nous voulions connaître quels auraient été les objectifs et la démarche des professeurs s'ils avaient eu à étudier le document « Matière » avec leurs élèves. C'est dans la comparaison entre ce que proposeraient les professeurs et ce que nous avons proposé comme travail aux élèves que nous tenterons d'évaluer, d'une part, la place prise par une réduction scolaire chez les professeurs consultés et, d'autre part, leur motivation éventuelle pour mettre en place des activités centrées sur l'étude des DONS.

Du côté des élèves, au terme des différents travaux réalisés tout au long de l'année scolaire, nous nous sommes interrogés sur la façon dont ceux-ci situaient l'expérimentation portant sur les DONS par rapport aux activités plus classiques menées en classe. L'intérêt de cette évaluation par les élèves se manifeste à plusieurs titres.

Tout d'abord, les impressions de satisfaction exprimées jusqu'à maintenant par les élèves sont relatives à tel ou tel document étudié. Elles revêtent donc un caractère très contextualisé et ne donnent pas nécessairement une vision d'ensemble de la façon dont les élèves ont ressenti ce travail sur l'année.

Ensuite, il nous semble, en particulier à l'issue de ces séances de travail, qu'il est important de faire la distinction entre l'intérêt qu'un élève peut porter au travail qui lui a été demandé, et l'utilité qu'il accorde à ce travail.

Enfin, nous avons pressenti, lors des séances de guidage, qu'il existe une différence de comportement assez forte suivant que les élèves se destinent à des études scientifiques ou non. Ces derniers, le plus souvent, ne seront à l'avenir confrontés aux sciences que par l'intermédiaire de la vulgarisation. Il semblerait en particulier, que les futurs scientifiques

aient davantage l'impression de perdre leur temps, car l'analyse de DONS vise des objectifs à long terme souvent écartés par les objectifs à plus court terme tels la résolution de problème. Le questionnaire proposé a donc aussi pour objectif de repérer d'éventuelles différences de réaction entre les futurs scientifiques et les autres.

La confrontation du positionnement des professeurs interrogés sur le travail réalisé et du bilan qu'en ont fait les élèves nous permettra d'apporter des éléments sur le critère d'acceptation des uns et des autres en matière d'utilisation des DONS en classe.

2. EVALUATION DU TRAVAIL SUR LE DOCUMENT « MATIERE » PAR LES PROFESSEURS

2.1. Présentation des questionnaires proposés aux professeurs

Nous cherchons à apporter des éléments de réponse aux deux questions suivantes : d'une part, que proposeraient les professeurs pour étudier le document « matière » avec leurs élèves ? D'autre part, quelles sont leurs réactions face au travail d'analyse critique que nous avons proposé aux élèves en devoir à la maison sur ce même document (voir partie 3 : 3.5.1 p.203)?

Nous avons sollicité, pour répondre à nos questionnaires, plus d'une vingtaine de professeurs en exercice (N=22) avec une expérience de plusieurs années d'enseignement. Il est toujours difficile de faire participer ces derniers à ce genre de travail, surtout lorsqu'ils ne sont pas directement impliqués dans le projet de recherche. Nous avons obtenu sept réponses exploitables. Bien que peu nombreuses, ces réponses nous ont permis de tirer des informations qui nous semblent mériter l'attention. La première information vient du faible taux de réponses lui-même : l'utilisation des DONS dans la classe semble être un thème assez éloigné des préoccupations professionnelles quotidiennes des professeurs. Cela dit, parmi ceux qui ont participé à cette enquête, certains (3) ont éprouvé le besoin de rediscuter personnellement avec nous sur ce thème, pour aller au-delà des réponses aux questionnaires.

Méthodologie

Rappelons que le document « matière » se trouve en annexe V. p.403 et le devoir donné aux élèves dans la partie 3. p. 203. L'enquête a eu lieu par courrier électronique en deux phases.

Dans une première phase, nous avons envoyé le document « matière » aux professeurs avec un questionnaire sous forme de tableau à remplir avec quelques lignes expliquant les objectifs de ce travail (voir ci-après).

PREMIERE PARTIE

Questions :

En supposant que vous ayez effectivement choisi de travailler avec vos élèves sur ce document, nous vous proposons de répondre aux trois questions suivantes : (Utilisez le tableau joint pour répondre - vous pouvez renseigner seulement certaines d'entre elles) :

- Quelle(s) partie(s) du document travailleriez-vous ?
- Combien de temps consacreriez-vous à chacune de ces parties ?
- Pour l'étude envisagée sur chaque partie, quels objectifs fixeriez-vous ?

Partie / Questions	Partie(s) utilisée(s) (oui/non/pourquoi)?	Objectifs visés ?	Estimation du temps à consacrer ?
Le texte principal			
Les schémas de bas de page			
Les illustrations et paratextes de la page de droite			
Le lexique en bas à droite de la 2 nd e page			

Une fois le tableau complété et renvoyé, nous entamons la phase 2 ; nous leurs avons proposé de commenter le travail que nous avons proposé à nos élèves en répondant au questionnaire suivant :

SECONDE PARTIE :

Le document « LEP » a été donné à étudier aux élèves à la maison avec le questionnaire ci-joint. Merci de le lire attentivement avant de répondre aux questions (et relire éventuellement le document de vulgarisation concerné).

- Quelles questions vous semblent intéressantes et pourquoi ?
- Quelles questions vous semblent critiquables et pourquoi ?
- Quelle(s) question(s) auriez-vous éventuellement ajoutée(s) ou modifiée(s) et pourquoi ?
- A quoi vous attendez-vous de particulier dans les réponses des élèves de 2nde au questionnaire qui a été proposé ?

Nous analyserons successivement ces deux questionnaires.

Au cours de cette analyse, nous tenterons de repérer s'il existe une réduction scolaire à l'approche de ce type d'activité par les professeurs. Nous tenterons d'estimer quel est le taux d'acceptation des professeurs pour une éventuelle mise en application de l'utilisation des DONS en classe.

Nous chercherons également à savoir comment les professeurs se positionnent par rapport au travail d'analyse critique proposé. Pensez-ils que leurs élèves sont en mesure d'effectuer une telle analyse ? Que pensent-ils qu'un travail de ce type puisse apporter aux élèves ?

Choix méthodologiques

Première partie :

Le choix de la présentation des questions sous forme de tableau, permet une présentation synthétique des questions et des réponses. L'objectif est de guider la réflexion des enseignants et d'éviter des commentaires trop généraux. Les questions abordent les différentes zones du document ; par rapport à la présentation des zones faite dans la partie 2 (section 2.4 p. 91), nous avons opté pour une simplification en 4 zones (celles que nous pensons susceptibles d'être concernées par un travail avec les élèves) en utilisant une formulation qui les rend clairement identifiables (de ce point de vue, les réponses montrent qu'il n'y a pas eu de confusion).

- La première question (**Quelle(s) partie(s) du document travailleriez-vous ?**) a pour objectif de déterminer s'il existe une tendance marquée dans les choix de travail que peuvent faire les professeurs dans la perspective d'aborder un DONS en classe avec les élèves. En particulier, on s'attend à repérer éventuellement une tendance à la réduction scolaire, via une concentration sur les seuls schémas.
- La deuxième question (**Combien de temps consacreriez-vous à chacune de ces parties ?**) vise à déterminer l'importance qu'un professeur accorde au travail qu'il entreprend. En effet, on peut légitimement penser que plus le temps imparti est réduit moins le travail sera approfondi. Si, par exemple, un professeur propose de consacrer 5 minutes à la zone concernant le LEP, on peut supposer qu'il ne souhaite pas approfondir ce thème, mais uniquement l'évoquer dans une perspective d'accroître la culture scientifique des élèves. Par une question sur le temps consacré, on évite la nécessité d'une justification élaborée (et donc on limite le temps de réponse au questionnaire).
- Enfin, la troisième question (**Pour l'étude envisagée sur chaque partie, quels objectifs fixeriez-vous ?**) vise à connaître plus précisément les intentions des professeurs. En particulier, on cherche à savoir si ces intentions de pratiques procèdent d'objectifs clairement identifiés, où si, comme on peut le supposer à partir des éléments recueillis dans les phases précédentes de notre recherche, les enseignants se montrent démunis pour élaborer une activité à partir de ce document. C'est également au travers des objectifs annoncés que nous pourrions confirmer une éventuelle tendance à la réduction scolaire, mais aussi l'ouverture à un travail d'analyse critique.

Seconde partie :

La première et la deuxième question de cette seconde partie ont un objectif commun et déclinent deux aspects (**Quelles questions vous semblent intéressantes et pourquoi ? Quelles questions vous semblent critiquables et pourquoi ?**). On cherche ici à savoir comment se positionnent les professeurs interrogés vis-à-vis des questions que nous avons posées aux élèves sur le document matière. En particulier, on entend repérer si, du point de vue des professeurs, les questions « intéressantes » sont surtout celles qui sont en lien avec les programmes, ou si, au contraire, ce sont les questions qui s'orientent vers l'analyse critique qui suscitent l'intérêt. On s'attend en particulier à des critiques sur les questions qui demandent aux élèves de se prononcer sur la qualité du document, puisque cela nécessite déjà une analyse critique pertinente du document.

Avec la troisième question (**Quelle(s) question(s) auriez-vous éventuellement ajoutée(s) ou modifiée(s) et pourquoi ?**), il s'agit d'obtenir des précisions par rapport aux deux premières questions. Dans les ajouts ou modifications proposés, on pourra éventuellement observer une tendance à orienter davantage l'activité vers une approche scolaire (au sens classique du terme) ou vers une approche critique du document.

A travers la quatrième et dernière question (**A quoi vous attendez-vous de particulier dans les réponses des élèves de 2^{nde} au questionnaire qui a été proposé ?**) nous cherchons à savoir si les professeurs peuvent repérer les difficultés potentielles des élèves et s'ils peuvent évaluer le potentiel d'analyse critique de leurs élèves. En effet, la comparaison entre les réponses obtenues ici et celles fournies par les élèves pourrait s'avérer instructive de ce point de vue.

2.2. Comment les professeurs travailleraient sur le document « Matière »

Analyse des réponses au premier questionnaire

a) Etude du texte principal

Dans cette première phase, 8 professeurs ont répondu au questionnaire.

- 2 professeurs disent ne pas vouloir exploiter cette partie. La raison invoquée est que les notions abordées sont « hors programme » et hors de portée des élèves de seconde :

« Non, car trop généraliste. Je le trouve un peu compliqué pour que les élèves puissent comprendre ».

« Trop de notions hors programme et trop complexes pour des élèves de 2de ».

- 3 autres professeurs ont une vision assez proche. En effet, ils stipulent que cette partie (le texte principal de la page de gauche) ne constitue qu'un « support » pour « situer le contexte » :

« Au départ -> instruments. Juste une lecture sans approfondir car programme de 1^{ère}S »

« Les 7 premières lignes du paragraphe « Au cœur de la matière ». Le reste dépasse les possibilités des élèves de 2°. Ils ne pourraient rien comprendre de ce qui se dit sur l'accélérateur de particules ».

- Enfin, les 3 autres professeurs proposent un travail centré sur le caractère informatif et culturel de cette partie du document. En particulier, ils sont sensibles au fait que le texte présente le travail des chercheurs, qu'il expose les différentes forces qui régissent l'univers et qu'il s'intéresse aux ordres de grandeurs :

« Prendre conscience des objectifs de la recherche actuelle, du fait que rien n'est jamais définitivement acquis ».

« Prendre conscience qu'il n'y a qu'un nombre très restreint de types d'interaction dans l'Univers ».

« Mettre en évidence l'infiniment grand par rapport à l'infiniment petit ainsi que les différentes échelles »

Cette première approche du travail proposé par les professeurs nous montre l'importance du lien avec le programme scolaire de l'année en cours. L'idée que les élèves ne puissent accéder à certaines notions qui dépassent leurs connaissances est particulièrement ancrée. Or, nous avons montré qu'aborder ces questions avec les élèves n'est pas un obstacle rédhibitoire à des acquisitions conceptuelles.

Nous notons par ailleurs, qu'aucun professeur ne suggérerait aux élèves d'identifier le message principal du document. Comme va le montrer l'analyse des commentaires des professeurs concernant les schémas de bas de page, il semblerait que cette option soit occultée par la volonté de s'attarder sur les schémas et ce qui concerne la structure de la matière.

b) Les schémas de bas de page

Cette partie a fait l'unanimité. Tous les professeurs la jugent exploitable avec leurs élèves.

Les raisons invoquées sont essentiellement de deux ordres :

- un approfondissement ou une révision de ce qui a été précédemment étudié :

« Vérifier les prérequis et introduire l'approfondissement des notions (nuage électronique, noyau atomique) »

« Revoir et compléter les connaissances de la structure de la matière acquises au collège. S'approprier de manière claire la hiérarchie dans la structure de la matière de l'infiniment grand à l'infiniment petit. »

« Partie à utiliser- Découverte de la structure de la matière - De l'infiniment grand à l'infiniment petit »

- la « facilité » d'utilisation des schémas :

« Oui, car très facile à comprendre et à décrypter pour les élèves »

« Oui, les schémas sont nécessaires ; certains élèves comprennent mieux avec un schéma (hémisphère gauche) »

Nous retiendrons de ces commentaires deux points.

D'une part, ils confirment l'impression issue des réponses à la première question : l'étude de ces schémas suscite beaucoup plus d'intérêt chez les professeurs car elle est nettement ancrée dans le programme. Un professeur cite même parmi ces objectifs « De l'infiniment grand à l'infiniment petit » qui est l'intitulé exact de la première partie du programme de physique de la classe de seconde générale. Il est remarquable de noter qu'aucun professeur ne fait lui-même une critique des schémas et que, par conséquent, aucun ne propose une analyse critique de ces schémas. Comme nous l'avions supposé lors de la phase exploratoire de cette recherche, cela nous semble manifester l'existence de ce que nous avons appelé une « réduction scolaire », qui, rappelons-le, est une tendance à ne cibler que des objectifs scolaires au détriment d'une approche plus globale des concepts présentés. Nous insistons sur le fait que la volonté des professeurs d'exploiter au mieux cette partie nous semble à noter mais, alors que nous proposons une approche critique, en particulier avec la hiérarchisation des obstacles potentiels, les professeurs proposent, le plus souvent, un réinvestissement de ce qui a été vu en classe, sans préciser la façon dont ils comptent procéder. Comme dans la phase exploratoire, dans le contexte des sorties muséales, où nous signalions que les professeurs semblaient démunis quant à la démarche à suivre pour exploiter au mieux les éléments informatifs d'origine non scolaire, il apparaît que ces professeurs ne sont pas mieux armés pour exploiter le document « matière ».

D'autre part, les professeurs sont sensibles à l'impact que peuvent avoir les schémas sur les élèves : Le côté accrocheur des schémas et leur potentiel explicatif ne laissent pas les professeurs indifférents.

c) Les illustrations et paratextes de la page de droite

- 5 professeurs sur 8 estiment que cette partie a uniquement pour objectif de fournir un contexte:

« A survoler car pour la culture uniquement ».

« Sert de support ».

- 3 professeurs émettent l'idée de l'information sur le travail des chercheurs et/ou sur le fonctionnement d'un accélérateur de particules.

« Montrer la forme d'un accélérateur, décrire rapidement le dispositif, imaginer sa taille et sa localisation actuelle. Dire aussi aux élèves que la connaissance de la matière et de la naissance de notre univers nécessite le déploiement de moyens colossaux pour progresser à chaque fois un tout petit peu ».

« Prendre conscience de la haute technologie mise en œuvre dans la recherche actuelle ».

Notons qu'aucun professeur n'a relevé le passage qui stipule que « les particules sont accélérées par un champ magnétique » (voir partie 2 p.91) et que par conséquent, aucun ne propose d'apporter des précisions aux élèves sur ce point. Là encore, l'analyse critique du document n'apparaît pas aux professeurs comme d'une évidente utilité.

L'importance de relater le travail des chercheurs et de montrer la haute technologie déployée ne va pas de soi pour tous non plus.

d) Le lexique en bas à droite de la 2nde page

Nous notons que, concernant le lexique, les professeurs expriment nettement une critique. Mais alors que certains ne voient pas l'intérêt d'étudier le lexique avec les élèves, d'autres y voient un moyen de montrer ce que signifie l'exigence de rigueur et d'autres encore, un moyen d'ouverture vers des notions hors programme (comme l'anti-matière par exemple) :

« Non; l'élève connaît déjà certains mots, l'objectif de cette séquence étant justement de les retrouver, et il doit prendre l'habitude de chercher ceux qu'il ne connaît pas. Concernant l'antimatière et l'énergie, c'est au professeur d'apporter des informations qui soient claires et à la portée des élèves, ce qui n'est pas le cas dans ce lexique ».

« Oui : c'est l'occasion de montrer que la rigueur attendue en cours de physique (en ce qui concerne le langage) n'est pas « scolaire » ».

« Oui et non, certaines définitions sont un peu obscures ».

« Ouverture : dépasser le cadre de la seconde : notion masse-énergie, d'antimatière. »

« Très bien. A exploiter mais les termes antimatière et énergie à mon avis sont assez dangereux. (Ils vont poser la question, obtenir une réponse mais par la suite, ils risquent de tout confondre) ».

La présence de la réduction scolaire se manifeste encore ici comme en témoigne ce commentaire :

« Oui mais uniquement les définitions concernant les composants de l'atome ».

Nous relèverons particulièrement dans ces commentaires que les professeurs expriment spontanément une critique sur ce lexique. Ces critiques portent sur le fond mais pas sur la forme. Le fait que certains mots définis n'ont pas de lien direct avec le texte n'a été relevé par aucun des enseignants consultés.

Il est également intéressant de relever que cette partie suscite l'idée d'une ouverture vers des notions hors programme. La difficulté des concepts abordés et le fait qu'ils soient hors programme constituent des obstacles, selon ces professeurs, lesquels pourtant ne refusent pas tous le risque de l'ouverture.

En résumé, cette première partie du questionnaire nous permet de dégager les tendances suivantes parmi les intentions des quelques professeurs qui se sont exprimés (N=7) :

- Les professeurs ont une tendance à la réduction scolaire en privilégiant une entrée par les concepts au programme de l'année au détriment d'une approche plus globale du document, qui consisterait dans un premier temps à identifier le message principal.
- Le regard critique porté sur le document lui-même par les professeurs consultés, s'il existe, reste de l'ordre de l'analyse personnelle. Autrement dit, la critique ne s'exprime pas spontanément dans la perspective de réaliser un travail avec les élèves. Le travail envisagé avec les élèves reste scolaire (au sens habituel de ce terme).
- La présence des schémas de par leur pouvoir attractif et leur supposé potentiel explicatif semble être vu comme un élément moteur dans la perspective d'un travail en classe avec les élèves sur les DONS.
- L'intention d'ouverture vers des notions hors programme existe chez les professeurs ; elle se manifeste avec des objectifs essentiellement culturels et non conceptuels.

2.3. *Point de vue des professeurs sur le travail d'analyse proposé aux élèves sur le document « Matière »*

Avant d'aborder l'analyse des réponses des professeurs, il nous semble nécessaire de rappeler quels étaient nos objectifs pour les différentes questions proposées aux élèves sur le document « matière ».

Les questions 1, 2, et 3,

- | |
|---|
| 1/ Quel est l'objectif principal de ce document ?
2/ Que vous semble-t-il important de retenir ?
3/ Quel lien existe entre les accélérateurs de particules et le Big Bang ? |
|---|

avaient essentiellement pour objectif d'inciter les élèves à une lecture approfondie leur permettant de relier les différentes zones du document entre elles et ainsi de parvenir plus aisément à une identification du message principal.

Les questions 4, 5,

- | |
|--|
| 4/ Parmi les schémas (1), (2), (3), (4), (5) accompagnés de leurs légendes, dire, au vu de vos connaissances ce qui peut être considéré comme simplifié et si c'est, selon vous, gênant pour un public non initié. Justifier votre point de vue.
5/ A propos du lexique fourni (en bas à droite : « les mots clés ») : A quels passages du texte font référence les mots cités ? Analyser l'intérêt et la pertinence des explications fournies. |
|--|

visaient à conduire à l'analyse critique du document. Nous cherchions à savoir si l'élève était en mesure de repérer les facilités employées par l'auteur, de dégager des obstacles potentiels pour la compréhension des concepts, et plus précisément dans la question 4, s'il pouvait hiérarchiser ces obstacles potentiels. Dans cette optique, le fait pour l'élève de se positionner sur l'utilisation du document par un public donné était un moyen de l'aider à hiérarchiser ces critiques en précisant ce qui était « important » de ce qui l'était moins.

Les questions 6a, 6b et 7,

- | |
|--|
| 6/ A propos du texte de la page de droite :
a) Quel est l'intérêt d'un accélérateur de particules gigantesque de 85km de circonférence ?
b) Rechercher (dans une encyclopédie, sur Internet...) de quelle manière on peut accélérer des particules chargées. Commenter alors le texte.).
7/ Donner la signification de chaque partie ((a), (b), (c), (d), (e), (f)) du schéma de la page de droite. Commenter éventuellement. |
|--|

sont à la fois des questions d'ouverture et de critique. D'ouverture, dans le sens où elles permettent d'aborder des notions totalement hors programme mais permettent de développer le goût des sciences en s'intéressant au travail des chercheurs. De critique, par l'idée que, s'il est peu probable ici que les élèves puissent analyser les concepts développés, il leur est par contre possible de se prononcer sur la clarté des explications. En particulier, sur l'intérêt des grandes dimensions de l'accélérateur et sur la façon d'accélérer les particules, le document reste assez flou. L'un de nos objectifs était d'inciter les élèves à faire des recherches complémentaires, et de ce fait, de mettre en évidence la nécessité de confronter les sources.

La question 8,

- | |
|--|
| 8/ Enumérer les parties (textes et images) de ce document que vous n'avez pas comprises, et dire précisément ce que vous ne comprenez pas. |
|--|

avait pour objectif d'obliger les élèves à formuler leurs difficultés éventuelles. Cet exercice difficile mais néanmoins nécessaire permet à l'élève d'enclencher de nouvelles recherches ou, par la suite, de poser des questions précises à son professeur.

La question 9,

9/ En conclusion, que pensez-vous de ce document ? (Intérêt ? qualité(s) ? défaut(s) ?) Le recommanderiez-vous ? Si oui, à qui et pour comprendre quoi ? Si non, pourquoi ?

est une question qui doit permettre à l'élève de synthétiser ses critiques pour parvenir à un jugement global sur la qualité du document. On attend en particulier que l'élève mentionne l'existence d'obstacles potentiels pour certains publics et aussi le pouvoir attractif du document.

Enfin, la question 10,

10/ Quel(s) enseignement(s) tirez-vous de ce travail ?
--

est pour nous, l'occasion d'avoir un retour global sur le sens de ce travail du point de vue des élèves.

Analyse des réponses au second questionnaire

Nous avons obtenu 7 réponses plus ou moins détaillées de professeurs. L'impression générale qui ressort de l'analyse de ces réponses est que les professeurs ont été perturbés par le questionnaire et par le travail donné aux élèves qu'ils jugent assez déroutant. Certains professeurs n'ont pas répondu dans les champs prévus mais ont fourni une réponse sur « feuille libre » (avec parfois un commentaire évocateur ; voir ci-dessous) en abordant les différents points.

« Je ne suis pas très à l'aise pour répondre à tes questions. Je n'ai pas l'habitude de travailler comme ça... »

a) Quelles questions vous semblent intéressantes et pourquoi ?

D'une façon générale, les questions qui reçoivent le plus d'adhésion de la part des professeurs sont les questions qui proposent une analyse d'un point particulier du document ou qui visent à identifier le message principal. Ceci révèle une première évolution puisque nous constatons, à l'issue du premier questionnaire, qu'il n'y avait pas une volonté marquée, de la part des professeurs, d'inciter les élèves à identifier le message principal. La raison invoquée est souvent que la recherche de la réponse par l'élève lui permettra de mieux comprendre le document :

« Question 5 : incite à relire le texte et à faire l'effort d'en comprendre les grandes lignes et les points essentiels ».

« Question 5 : Un bon moyen pour que les élèves lisent vraiment ces définitions et ce au bon moment. Beaucoup d'entre eux n'auraient sans doute pas fait cette démarche en dehors de cette question. De plus, comme ils réfléchiront au contenu de ces définitions, ils les retiendront mieux et plus facilement ».

« Les questions 1, 2, 4, 5, 7 et 8 car elles permettent à l'élève de mieux comprendre le document qui leur est donné ».

La présence de la réduction scolaire chez les professeurs apparaît moins évidente que lors du premier questionnaire, car nous n'avons que très peu de remarques centrées sur le fait que l'on sortirait du cadre du programme avec ce travail proposé aux élèves. Pour autant, le souci de suivre le programme est toujours présent, ce qui n'a rien de nécessairement limitatif (comme nous avons pu le montrer avec le travail réalisé sur l'ensemble de l'année scolaire avec les classes concernées).

« Les questions 4 et 5 me paraissent intéressantes, dans l'optique de leur introduire le cours sur la composition de la matière ».

Nous avons pu relever également que l'objectif d'analyse critique du document par les élèves avait été cerné par certains professeurs et ceux-ci n'y semblent pas défavorables :

« 1/ ; 2/ ; 4/ ; 5/ ; 8/ ; 10/ : Elles permettent une analyse du doc. et sa critique ».

La proposition d'analyse critique par les élèves a parfois conduit les professeurs à eux-mêmes formuler des critiques sur le document, ce qu'ils n'avaient pas fait dans le premier questionnaire :

« Les définitions de mots-clés sont discutables et peuvent induire en erreur, définir l'électron comme une particule localisée autour du noyau ... ».

L'intérêt de la question 8, tel que nous l'envisagions, a été relevé par 2 professeurs :

«La question 8 permettra au professeur d'apporter les explications nécessaires lors de la correction ».

« Question 8 : Elle est intéressante pour tester si certains élèves dans la classe sont passés à côté de certaines idées et ainsi leur réexpliquer ce qu'ils n'ont pas compris. D'un autre côté, le texte contient beaucoup de notions que les élèves ne peuvent pas encore comprendre. Cette question risque donc de prendre elle aussi beaucoup de temps pour satisfaire la curiosité des élèves ».

Nous relevons cependant dans ce dernier commentaire, deux obstacles potentiels récurrents aux yeux des professeurs : le fait de sortir du cadre du programme et le temps supposé nécessaire pour répondre aux attentes des élèves.

b) Quelles questions vous semblent critiquables et pourquoi ?

Les questions critiquées sont très variables d'un professeur à l'autre.

La question 3) (Quel lien existe entre les accélérateurs de particules et le Big Bang ?) a été critiquée. Il semble que les professeurs n'aient pas perçu que son intérêt était de guider les élèves vers l'identification du message principal.

« Question 3 : l'élève qui sait lire pourra, par exemple, répondre « bozon Z » mais n'a aucune idée de ce que cela signifie ».

Lorsque cet objectif a été perçu, il semble entrer en conflit avec l'objectif d'analyse critique :

« Je ne vois pas en quoi elles [ces questions] correspondent à une critique du texte. Ce sont plutôt sur des questions de compréhension et de connaissance ».

Les contraintes en termes de gestion du temps ont été également évoquées :

« Question 3 : Elle risque de mener le cours bien au delà des connaissances des élèves. C'est un sujet captivant pour eux. Attention au temps passé sur cette question qui pourrait bien « consommer » tout le temps prévu pour l'activité à elle seule ».

A ce propos, rappelons qu'il s'agit d'un travail à faire à la maison. Le temps prévu pour la « correction » était d'une heure, sans exclusion des prolongements individuels avec tel ou tel élève intéressé.

La question 4 (relative aux schémas de bas de page) n'a été critiquée qu'une fois :

« Question 4 : me semble trop subjective et imprécise ».

C'est pourtant, selon nous, la clé qui permet d'aborder l'analyse critique du document avec une hiérarchisation des obstacles potentiels. Remarquons que l'intérêt d'une telle démarche n'a pas été relevé par les professeurs à la question précédente. En d'autres termes, il semble que la question 4 soit intéressante pour les professeurs mais sans qu'ils sachent trop pour quelles raisons. L'hypothèse la plus probable est qu'elle soit jugée intéressante par les professeurs parce qu'elle est très fortement ancrée dans le programme de l'année en cours.

La présence de la réduction scolaire chez les professeurs se manifeste plus nettement chez l'un d'entre eux qui, apparemment, ne voit dans ce document qu'un moyen d'étudier l'atome qui est au programme de la classe de seconde :

« Les questions 2, 3, 6, 9 et 10 n'ont aucun intérêt dans l'étude et la compréhension de la notion de l'atome ».

Les questions 6 et 7 sont parfois jugées difficiles ou sans intérêt sans plus de précision. Même si la notion d'ouverture n'est pas toujours négligée, la critique n'apparaît pas comme une priorité :

« Par contre les questions 6 et 7 me semblent plus difficiles pour l'ensemble des élèves de seconde, mais intéressantes pour quelques uns qui seront certainement enthousiastes ».

« Mais la 7 me paraît " out", pas d'intérêt dans l'immédiat ».

Aucun professeur n'a évoqué la question 6b sur la façon d'accélérer une particule chargée. Sans vouloir approfondir ce concept qui n'est plus au programme des classes du secondaire, c'est pourtant une question qui nous semble particulièrement intéressante pour juger de la rigueur du document. En effet, la question incite à pratiquer une recherche documentaire et à confronter, d'un point de vue conceptuel, les différentes sources. Nous avons d'ailleurs relevé que certains élèves sont tout à fait en mesure d'y parvenir.

Les questions qui permettent à l'élève d'exprimer un jugement sur le document ne présentent pas d'intérêt pour certains professeurs :

« Les 8 et 9, 10 sont-elles pour les élèves ????? Les dernières questions ne peuvent que les embrouiller..... ; Je préfère les questions plus cadrées.... ».

Pour la question 9 en particulier, on retrouve plusieurs fois l'objection que l'élève n'est pas en mesure de juger à qui est destiné ce document. La question n'a ainsi pas été perçue comme un moyen pour les élèves d'accorder une importance aux différentes facilités employées par l'auteur et aux obstacles conceptuels qu'elles peuvent engendrer :

« Question 9 : Très critiquable pour moi car des élèves de 2° n'ont pas le recul nécessaire pour juger de la pertinence et de la qualité d'un document en ce qui concerne son contenu, son intérêt et ses défauts. N'oublions pas qu'ils n'en sont qu'au stade de l'apprentissage. Il n'est pas possible de fournir un avis objectif sur des connaissances qui sont en cours d'acquisition ».

Ce jugement contraste avec les réponses que nous avons obtenues des élèves.

c) Quelle(s) question(s) auriez-vous éventuellement ajoutée(s) ou modifiée(s) et pourquoi?

La encore, on retrouve la question 9 qui est critiquée pour son interrogation sur le lectorat cible du document :

« Je ne suis pas certaine qu'en 2nde, les élèves puissent savoir à qui ce genre de doc. s'adresse, j'enlèverai donc « à qui » ».

La question est 4 est aussi mentionnée pour les mêmes raisons :

« Question 4 : Supprimer « pour un public non initié ». Les élèves n'ont pas assez de recul pour être considérés comme des spécialistes de la structure de la matière ».

Il n'y a pas eu d'autres propositions de modification mais nous avons relevé à deux reprises des professeurs qui signalaient qu'ils n'auraient pas étudié ce texte avec des élèves de seconde :

« Je ne donnerai pas ce texte à des élèves de seconde, que pourrait-il leur apporter ??? Mais je ne suis absolument pas contre l'utilisation de documents de vulgarisation pour introduire certaines notions ».

« ... je ne sais pas. Je crois surtout que je n'aurais pas donné ce texte à des élèves de seconde ».

d) A quoi vous attendez-vous de particulier dans les réponses des élèves de 2nde au questionnaire qui a été proposé ?

Dans cette partie, nous avons obtenu des réponses parfois très détaillées et d'autres très laconiques :

« Des réponses touffues ou superficielles. Les élèves de seconde, pour la plupart, n'aiment pas se creuser la tête en physique. Ceux qui aiment risquent de ne pas aimer les questions trop « sociologiques » (Q1 et 9 : l'intérêt du document, Q4 et 9 : le public visé). Je crains qu'ils n'aient, pour la plupart, pas les outils permettant d'étudier ce texte avec pertinence. Dire « précisément » ce qu'on ne comprend pas (Q8) est toujours particulièrement difficile ».

« A ce qu'ils ne répondent qu'aux questions précises et délaissent les questions plus générales ».

Ces deux commentaires nous montrent que ces professeurs ne semblent accorder que peu de confiance au potentiel de jugement critique des élèves, au moins relativement à ce document. Cela est cohérent avec leur tendance à proposer le plus souvent des activités exclusivement scolaires.

L'un des professeurs formule à cette occasion des critiques sur le document. Il n'est pas évident de savoir si il s'attend à ce que les élèves formulent des critiques identiques aux siennes :

« Les schémas : On part d'une banane pour aboutir à une molécule censée représenter un métal (qui ne contient pas de molécule programme de 3ème) ???? Le mouvement des électrons n'est pas précisé dans la légende et le schéma laisse supposer qu'ils suivent une orbite précise. Les neutrons et les protons ont la même couleur et la même composition en quarks (on pourrait penser qu'ils sont identiques alors qu'il y a deux couleurs pour les quarks ! Lexique : que vient faire le photon ? »

On peut constater que la question aura permis à ce professeur de rentrer très précisément dans la critique du document d'un point de vue conceptuel, chose que nous n'avions encore pas rencontrée jusque là. Finalement, la proposition d'analyse du travail donné aux élèves aura permis d'amener certains professeurs sur le terrain de l'analyse critique et de la cohérence du document, ce qui n'avait été que peu manifesté jusque là.

Enfin, un professeur relève l'intérêt que peut avoir ce travail :

« Les réponses fournies en soulèveront incontestablement d'autres. C'est un moyen efficace d'aiguiser leur curiosité ».

En résumé,

Ce second questionnaire fournit des indices en cohérence avec des hypothèses élaborées dans la phase exploratoire de cette recherche :

- Les professeurs ne semblent pas catégoriquement opposés à l'utilisation de DONS en classe. Ils peuvent y voir un moyen d'ouverture vers des notions « hors programme » et une façon de susciter la curiosité.
- Le travail très vague qu'ils envisagent de proposer aux élèves et leur perplexité nous confortent dans l'idée que ces professeurs sont déconcertés quand il s'agit d'aborder un DONS avec les élèves.
- Se rattacher au contenu des programmes semble être la solution privilégiée par les professeurs. En d'autres termes, il y a une tendance à la réduction scolaire : le document est alors perçu essentiellement comme une façon d'introduire certaines notions du programme. Cela engendre parfois un rejet de l'étude du document qui est alors jugé « hors programme » dans sa globalité.
- Le travail d'analyse critique est jugé majoritairement comme hors de portée des élèves. Outre le fait qu'il faut parfois aborder des notions hors programme, les professeurs doutent du potentiel de « prise de recul » des élèves pour exercer un jugement critique. En particulier, le fait d'attribuer au document un lectorat potentiel semble hors de propos.

2.4. Conclusion sur le positionnement des professeurs sur l'étude d'un DONS

Bien qu'ayant obtenu peu de réponses (7 au total) de professeurs pour cette partie de la recherche, les commentaires relevés ont été instructifs à plusieurs titres.

Comme nous l'avions supposé à l'issue de notre phase exploratoire, les professeurs semblent déconcertés lorsqu'il s'agit d'étudier un DONS avec leurs élèves. La tendance à la réduction scolaire est un moyen de contourner le problème. Autrement dit, certains professeurs n'envisagent pas autre chose que d'utiliser un document afin qu'il devienne un moyen d'introduire des concepts au programme de l'année.

Si cette technique présente un intérêt à leurs yeux, c'est uniquement parce qu'elle est un moyen de susciter la curiosité et d'ouvrir l'enseignement vers des applications concrètes de la physique. A aucun moment, nous n'avons décelé chez les professeurs, de façon spontanée, le souhait de guider l'élève vers une meilleure compréhension du message principal et encore moins de susciter une approche critique du document.

Si ces deux aspects ne semblent pas être pour eux une possibilité de travail, c'est essentiellement parce que le document est souvent jugé « hors de portée » des élèves dans son approche intégrale. Or, reconnaissons-le, il peut être difficile de trouver un document qui se

contente d'aborder les notions au programme, et qui, de plus, offre une ouverture intéressante pour les élèves vers le monde de la physique.

Il y a donc, nous semble-t-il, une discordance majeure dans le positionnement fréquent des professeurs. Le côté attractif et explicatif des schémas devrait être utilisé, le potentiel d'ouverture vers la recherche et le monde de la physique devrait être exploité, le tout avec l'espoir de susciter intérêt, curiosité et motivation. Par contre, il ne faudrait pas insister sur la compréhension du message principal, lequel pourrait amener à des notions hors programme, il faudrait n'employer le document qu'à des fins d'introduction de « concepts scolaires » et ne pas s'attarder sur les incohérences éventuelles du document.

Or, c'est justement par l'analyse critique du document que nous avons proposé de résoudre ce problème de discordance. Et force est de constater que le travail proposé aux élèves n'a pas fait l'unanimité chez les enseignants interrogés. Nous avons déjà relevé, lors de la phase exploratoire, que lorsque les professeurs exerçaient un jugement critique sur un DONS, celui-ci restait le plus souvent très superficiel. Or, les commentaires relevés auprès des professeurs, d'une part, confirment cet aspect, et d'autre part, nous montrent que ceux-ci n'imaginent pas les élèves en mesure d'élaborer cette critique et encore moins d'en tirer profit. Rappelons à ce propos que le fait de soumettre le travail demandé aux élèves au jugement des professeurs a conduit certains d'entre eux à élaborer une critique conceptuelle détaillée du document. Ce premier signe d'évolution ne signifie pourtant pas que ces professeurs soient convaincus que les élèves sont aussi en mesure d'être guidés pour parvenir, au moins, à une partie de cette critique.

Précisons qu'il ne s'agit pas de porter un jugement sur le travail proposé par les professeurs. Il s'agit essentiellement de faire apparaître cette discordance qui les conduit finalement à ne pas savoir comment travailler sur un DONS avec les élèves. Etant donné qu'à aucun moment de leur formation et de leur vie professionnelle les professeurs n'ont été confrontés à un travail d'analyse critique comme celui que nous avons proposé aux élèves, leur réaction n'est pas très surprenante.

3. EVALUATION PAR LES ELEVES DU TRAVAIL DE L'ANNEE

3.1. *Présentation du questionnaire*

L'objectif du questionnaire est de recueillir des informations sur le point de vue des élèves concernant le travail effectué sur les DONS. Ce point de vue sera comparé à celui donné au sujet des autres types d'activité menée au cours de l'année. Afin que l'élève ne détecte pas nos objectifs de recherche, ce qui aurait pu créer un biais, les questions relatives au travail sur les DONS prennent place au milieu d'un grand nombre de questions d'ordre plus général portant sur le déroulement de l'année scolaire.

Le questionnaire comporte 11 questions (voir le questionnaire Annexe IV.1 p.396) et a été proposé à la fin des trois années de cette recherche. Les élèves ont eu une trentaine de minutes pour répondre. La passation a eu lieu en toute fin d'année, une fois le programme terminé et les conseils de classe passés, afin d'obtenir une plus grande liberté dans les réponses.

Pour ce qui concerne l'étude des DONS, seules les questions 1 à 5, 8, 10 et 11 seront analysées. Les questions 1 à 5 sont des questions à réponses fermées. Les questions 8, 10 et 11 sont à réponses ouvertes.

L'analyse propose de repérer les réponses des élèves qui se destinent à des études scientifiques (notés « S » par la suite) et celles des élèves qui s'orientent vers d'autres filières (notés « non S »).

Comme annoncé plus haut, toutes les questions posées aux élèves ne font pas référence au travail de recherche sur les DONS que nous avons entrepris. Cela étant, nous avons pris le parti de présenter une analyse de toutes les réponses afin de faire ressortir au mieux le point de vue des élèves concernant le travail sur les DONS comparativement aux autres travaux de l'année. Nous espérons ainsi faire mieux ressortir la place prise par le travail sur les DONS en classe dans le cadre d'une année de seconde générale.

Nous avons choisi de présenter, dans les tableaux qui vont suivre, le bilan intégré des trois années. Le lecteur pourra trouver en annexe le détail des réponses année par année (annexe IV.2. p.399).

3.2. *Positionnement des élèves sur le travail en classe*

Avant de nous intéresser au travail sur les DONS, il nous a semblé pertinent de nous arrêter sur l'impression d'ensemble laissée par l'enseignement de physique-chimie de l'année. Cette question vise à déterminer l'appétence des élèves pour les sciences physiques, ce qui dans le cadre de cette étude n'est pas sans importance.

La première question était formulée comme suit :

1/Que pensez-vous des sujets abordés dans le programme de l'année d'une manière générale ?

Les réponses des élèves sont données dans le tableau 4.1.

Intérêt général	2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S (N=59)	S (N=28)	TOTAL
Passionnant	1	4	5
Intéressant	39	22	61
Peu intéressant	18	0	18
Inintéressant	1	0	1
SR	0	2	2

76%

Tableau 4.1 : Intérêt général des élèves de seconde pour les sujets abordés dans l'année.

66 élèves sur 87 présents (soit 76%) déclarent que les sujets abordés ont été « intéressants », voire « passionnants ». Notons au passage que les futurs scientifiques sont encore plus enthousiastes que les autres (93% contre 68%). Compte tenu de la désaffection constatée pour les études scientifiques, ce résultat peut paraître surprenant. A notre sens, il montre que cette désaffection n'est pas due, *a priori*, au contenu des programmes. Peut-être faudra-t-il chercher des réponses ailleurs, en particulier dans la difficulté pour les élèves de se projeter dans des études scientifiques à long terme à cause d'une faible lisibilité des possibilités qu'offrent ces études. Peut-être aussi, faut-il se demander si l'exigence de rigueur des études scientifiques n'effraie pas les élèves. Quoi qu'il en soit, la classe de seconde générale est une classe charnière, et la recherche de moyens pour motiver les élèves et éventuellement susciter des vocations, n'est pas étrangère au travail que nous avons mené (sur ce sujet, voir B. Convert: *Y a-t-il une crise des vocations scientifiques ?* Pour la science 353 p. 16-19. 2007). Dans ce contexte, on peut se demander quel rôle peut jouer le travail d'analyse sur les DONS que nous avons proposé.

La question 2 a pour objectif de déterminer comment les élèves jugent le travail au niveau de l'intérêt par rapport à toutes les formes d'activités proposées :

2/ Parmi les différents travaux réalisés en classe, dire pour chacun quel intérêt vous lui avez porté ?

Les réponses des élèves fournissent des informations qui dépassent le cadre de cette recherche. Nous avons jugé toutefois intéressant d'en fournir une analyse car cela permet, nous semble-t-il, de mieux cerner le rapport des élèves de seconde au travail qu'ils effectuent en sciences physiques. Plus précisément, nous voulions que l'opinion des élèves sur les activités habituelles soit utilisée comme référence comparativement aux activités utilisant les DONS. Nous espérons ainsi mieux situer le travail d'analyse sur les DONS.

Les réponses sont données dans le tableau 4.2.

TP-Cours	2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S (N=59)	S (N=28)	TOTAL
Passionnant	1	2	3
Intéressant	32	24	56
Peu intéressant	22	2	24
Inintéressant	3	0	3
SR	1	0	1
Manipulations	2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S (N=59)	S (N=28)	TOTAL
Passionnant	15	15	30
Intéressant	38	12	50
Peu intéressant	6	1	7
Inintéressant	0	0	0
SR	0	0	0
Exercices	2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S (N=59)	S	TOTAL
Passionnant	0	0	0
Intéressant	7	11	18
Peu intéressant	35	16	51
Inintéressant	15	1	16
SR	2	0	2
Activité doc.	2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S (N=59)	S (N=28)	TOTAL
Passionnant	4	0	4
Intéressant	33	14	47
Peu intéressant	15	6	21
Inintéressant	4	3	7
SR	3	5	8
Doc. vulg.	2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S (N=59)	S (N=28)	TOTAL
Passionnant	8	0	8
Intéressant	27	8	35
Peu intéressant	15	17	32
Inintéressant	9	3	12
SR	0	0	0
Corrections	2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S (N=59)	S (N=28)	TOTAL
Passionnant	2	1	3
Intéressant	22	22	44
Peu intéressant	23	4	27
Inintéressant	11	1	12
SR	1	0	1

92%

77%

59%

50%

29%

59%

Tableau 4.2 : Intérêt des élèves de seconde pour les différents travaux en classe.

- Dans un premier temps, nous constatons sans surprise que l'intérêt des élèves se porte majoritairement sur les manipulations. En effet, 80 élèves (soit 92%) jugent ces activités « intéressantes » ou « passionnantes ». Comme les réponses à questions

ouvertes le montreront, l'argument le plus fréquent présenté par les élèves est qu'ils sont actifs et ne subissent donc pas le cours.

- A l'opposé, la résolution d'exercices est aux yeux des élèves l'activité qui présente le moins d'intérêt : 67 élèves (soit 77%) jugent cette activité « peu intéressante » ou « inintéressante ». Nous constatons également que cette proportion est beaucoup moins importante chez les futurs scientifiques que chez les autres (61% contre 85%). Ce point n'est pas surprenant puisque, pour les futurs scientifiques, les exercices ont une utilité laquelle est source d'intérêt. Les corrections de devoir se positionnent mieux que les exercices. La moitié environ des élèves y trouve un intérêt. Là encore, la notion d'utilité engendre l'intérêt. A ce titre, 85% des futurs scientifiques jugent cette activité « intéressante ».
- Malgré la précision apportée avant le remplissage du questionnaire, les élèves ont eu un peu de mal à distinguer l'activité documentaire « classique » des activités d'analyse sur les documents de vulgarisation. Ces deux types d'activité se positionnent mieux que les exercices : 43 élèves (soit près de la moitié) ont jugé le travail d'analyse sur les DONS « intéressant », et 51 (soit 59%) ont trouvé les activités documentaires « intéressantes ». La différence principale entre ces deux types d'activité se situe au niveau de l'analyse conceptuelle. Il semble donc que ce travail d'analyse perturbe quelque peu les élèves. Nous relevons toutefois que la moitié des élèves trouve le travail d'analyse intéressant même si cette activité est d'une grande exigence, et si, novatrice, elle a pu en dérouter certains.
- Nous constatons, de plus, que l'intérêt des élèves pour l'activité d'analyse sur les DONS est différent entre les futurs scientifiques et les autres [$\chi^2 = 18,1$; $p < 0,001$; $n=3$: deux premières et trois dernières lignes du tableau respectivement rassemblées]. Il semble bien que ce soit véritablement l'analyse critique qui fasse la différence puisque l'on n'observe pas une différence du même type entre les deux populations à propos des seules activités documentaires [$\chi^2 = 1,27$; $p > 0,05$]. Ce résultat est particulièrement intéressant car nous rappelons que nos objectifs généraux se déclinent sur deux plans : la volonté de faire réaliser une analyse conceptuelle visant une acquisition des notions abordées, et la volonté de préparer le futur citoyen à aborder la vulgarisation avec un regard critique de qualité. Sur ce dernier point, l'évaluation des élèves permet de considérer ce point de vue comme réaliste.

La question 3 a pour objectif de déterminer quelle utilité les élèves peuvent accorder aux différentes activités réalisées au cours de l'année :

3/ Parmi les différents travaux réalisés en classe, dire pour chacun si vous l'avez trouvé utile ?

Les réponses sont données dans le tableau 4.3.

TP-COURS	2005 + 2006 + 2007 (N=87)			
	NON S (N=59)	S (N=28)	TOTAL	
Indispensable	20	17	37	86%
Utile	27	11	38	
Peu utile	9	0	9	
Inutile	3	0	3	
SR	0	0	0	
manipulations	2005 + 2006 + 2007 (N=87)			
	NON S (N=59)	S (N=28)	TOTAL	
Indispensable	18	18	36	92%
Utile	35	9	44	
Peu utile	5	1	6	
Inutile	1	0	1	
SR	0	0	0	54%
exercices	2005 + 2006 + 2007 (N=87)			
	NON S (N=59)	S (N=28)	TOTAL	
Indispensable	10	13	23	93%
Utile	22	13	35	
Peu utile	21	2	23	33%
Inutile	6	0	6	
SR	0	0	0	
Activités doc.	2005 + 2006 + 2007 (N=87)			
	NON S (N=59)	S (N=28)	TOTAL	
Indispensable	3	1	4	57%
Utile	32	13	45	
Peu utile	20	8	28	50%
Inutile	2	0	2	
SR	2	6	8	59%
Doc. Vulg.	2005 + 2006 + 2007 (N=87)			
	NON S (N=59)	S (N=28)	TOTAL	
Indispensable	4	0	4	
Utile	28	12	40	
Peu utile	18	11	29	
Inutile	8	5	13	
SR	1	0	1	
Corrections	2005 + 2006 + 2007 (N=87)			
	NON S (N=59)	S (N=28)	TOTAL	
Indispensable	19	12	31	86%
Utile	17	12	29	
Peu utile	14	3	17	61%
Inutile	7	1	8	
SR	0	0	0	

Tableau 4.3 : Jugement des élèves de seconde sur l'utilité des différents travaux réalisés en classe.

- La grande majorité des élèves (86%) juge les TP-cours « utiles » ou « indispensables ». Nous ne remarquons pas de différence considérable entre les élèves qui se destinent à des études scientifiques (« S ») et les autres (« Non S »).
- Le constat est similaire quant à l'utilité des manipulations : 92% des élèves les jugent « utiles » ou « indispensables ».
- Concernant les exercices, le constat est différent : un tiers des élèves (29/87) les considère « peu utiles » ou « inutiles ». De plus, les résultats sont très différents entre « S » et « Non S » : 93% des futurs scientifiques les disent « utiles » ou « indispensables » alors qu'ils ne sont que 54% des « Non S ».
- Cette tendance se retrouve pour les corrections de devoir, forme de travail très proche d'une séance d'exercice : ils sont 69% à juger ce travail « utile » ou « indispensable » dont 86% pour les « S » et « 61% » pour les « Non S ».

Ces deux derniers points montrent sans surprise que pour les élèves qui se destinent à des études scientifiques, le souci de performance et d'efficacité est très présent. Ceci nous amène à nous interroger sur la place qu'occupent les activités sur les DONS auprès de ces élèves.

- Le positionnement des élèves quant au travail sur les documents de vulgarisation est très partagé : 57% des élèves disent que ce travail est « utile » ou « indispensable ». Il est surtout intéressant de constater que les « Non S » disent que le travail sur les DONS est « utile » à 59% et qu'ils se prononcent approximativement avec le même score sur les exercices ou les corrections de devoirs. Dans le même temps, les « S » jugent les exercices et corrections de devoirs « utiles » à 90% environ contre 50% pour le travail sur les DONS.

En termes d'utilité, la différence entre « S » et « Non S » se manifeste essentiellement sur ce dernier point : les exercices. En effet, les activités documentaires [$\chi^2 = 0,69$; $p > 0,05$] et le travail sur la vulgarisation [$\chi^2 = 1,01$; $p > 0,05$] donnent lieu à des jugements globalement analogues dans les deux populations.

3.3. *Positionnement des élèves sur le travail à la maison*

Les questions 4 et 5 visent à savoir comment se positionnent les élèves sur les devoirs effectués à la maison, en considérant, là encore, les questions d'intérêt et d'utilité :

- 4/ Parmi les différents travaux réalisés à la maison, dire pour chacun quel intérêt vous lui avez porté ?
 5/ Parmi les différents travaux réalisés à la maison, dire pour chacun si vous l'avez trouvé utile ?

Les réponses des élèves par catégorie sont données dans les tableaux 4.4 et 4.5.

Q4 Intérêt des travaux maison :

Exercices	2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S (N=59)	S (N=28)	TOTAL
Passionnant	1	0	1
Intéressant	9	17	26
Peu intéressant	28	11	39
Inintéressant	20	0	20
SR	1	0	1
DM recherche	2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S (N=59)	S (N=28)	TOTAL
Passionnant	15	5	20
Intéressant	33	18	41
Peu intéressant	9	1	10
Inintéressant	0	0	0
SR	2	4	6
DM vulg.	2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S (N=59)	S (N=28)	TOTAL
Passionnant	4	2	6
Intéressant	32	7	39
Peu intéressant	15	12	27
Inintéressant	7	6	13
SR	1	1	2
DM classique	2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S (N=59)	S (N=28)	TOTAL
Passionnant	2	6	8
Intéressant	17	16	33
Peu intéressant	22	5	27
Inintéressant	17	1	18
SR	1	0	1
Prépa. Interro.	2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S (N=59)	S (N=28)	TOTAL
Passionnant	4	2	6
Intéressant	18	22	40
Peu intéressant	29	1	30
Inintéressant	5	3	8
SR	3	0	3

31%

61%

17%

82%

32%

79%

53%

86%

37%

Tableau 4.4 : Intérêt général des élèves de seconde pour les différents travaux réalisés à la maison.

Q5 Utilité des différents travaux maison :

exercices	2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S (N=59)	S (N=28)	TOTAL
Indispensable	9	6	15
Utile	20	17	37
Peu utile	20	5	25
Inutile	9	0	0
SR	1	0	1
DM recherche			
	NON S (N=59)	S (N=28)	TOTAL
Indispensable	6	3	9
Utile	33	16	49
Peu utile	14	4	18
Inutile	3	0	3
SR	3	4	7
DM vulg.			
	NON S (N=59)	S (N=28)	TOTAL
Indispensable	0	1	1
Utile	33	11	44
Peu utile	17	14	31
Inutile	6	3	9
SR	2	0	2
DM classique			
	NON S (N=59)	S (N=28)	TOTAL
Indispensable	4	7	11
Utile	18	18	36
Peu utile	22	3	25
Inutile	14	0	14
SR	1	0	1
Prépa interro			
	NON S (N=59)	S (N=28)	TOTAL
Indispensable	21	16	37
Utile	21	9	30
Peu utile	11	2	13
Inutile	4	1	5
SR	2	0	2

49%

82%

52%

43%

56%

89%

37%

77%

89%

71%

Tableau 4.5 : Jugement des élèves de seconde sur l'utilité des différents travaux réalisés à la maison.

- Le travail sur les exercices à la maison intéresse très moyennement les élèves : 31% les disent « intéressants » ou « passionnants ». Il existe là encore une différence non négligeable entre les « S » (61%) et les « Non S » (17%). L'intérêt semble directement lié à l'utilité comme nous l'avons évoqué pour le travail en classe. 49% des élèves « Non S » estiment ce travail « utile » ou « indispensable » contre 82% pour les « S ».

- Pour la préparation des interrogations à la maison, on obtient des résultats similaires : 53% des élèves disent que ce travail est « intéressant » ou « passionnant ». On atteint 86% pour les « S » contre 37% pour les « Non S ». Ce travail est jugé « utile » ou « indispensable » par 77% des élèves avec un pic à 89% pour les « S » contre 71% pour les « Non S ».

En bref, qu'il s'agisse du travail en classe ou du travail à la maison, nous notons une différence d'intérêt porté par les élèves entre ceux qui se destinent à des études scientifiques et les autres. Cette différence d'intérêt est directement liée, semble-t-il, à l'utilité accordée par les uns et les autres aux travaux en question.

Au cours de l'année, trois types de devoirs à la maison (DM par la suite) à rendre ont été proposés aux élèves :

- DM classique : il s'agit d'une série d'exercices à résoudre.
 - DM vulgarisation : il s'agit du travail d'analyse sur le document « Matière » qui constitue la dernière partie de la phase de guidage.
 - DM de recherche : en fin d'année, ce travail a nécessité des recherches dans différentes sources. Un travail différent a été proposé aux « S » et aux « Non S ». Le travail destiné aux « S » était un difficile problème qui nécessitait de plus, de faire des recherches pour fournir des données manquantes. Le travail destiné aux « Non S » était un travail du type exposé écrit dont l'objectif est le recueil, la sélection et la mise en forme d'informations en provenance de différentes sources.
- Nous constatons immédiatement que la réalisation d'un DM classique suscite un intérêt similaire à la réalisation d'exercices qui ne sont pas à rendre aux professeurs. Il est surtout intéressant de comparer ces chiffres à ceux obtenus pour les deux autres types de DM : Les élèves qui disent le travail « intéressant » sont 82% pour le DM recherche alors qu'ils sont environ 50% pour les DM vulgarisation et DM classique. Les futurs « S » sont davantage intéressés par les DM classiques et le DM recherche (environ 80% pour les 2) que par le DM vulgarisation (32%). Du côté des « Non S », 85% des élèves jugent le travail de recherche « intéressant », 58% disent que le DM vulgarisation est « intéressant » et 32% le disent pour le travail sur un DM classique.
 - La moitié des élèves disent le travail sur les DONS « indispensable » ou « utile ». Les résultats sont semblables pour les autres types de travaux (DM recherche, DM classique, exercices...) mais la préparation des interrogations semble être l'activité la plus importante pour les élèves. On ne peut que constater l'importance cruciale de ce type d'évaluation chez les élèves. Concernant le travail sur les DONS, il nous semble important de retenir qu'aux yeux des élèves de seconde, cette activité ne se place pas en marge même si elle n'atteint pas les scores des activités plus classiques.
 - Cela étant, l'utilité accordée à ce travail par les élèves « S » et « non S » est différente, à en juger par les fréquences de jugements positifs, mais cette différence n'est pas significative [$\chi^2 = 6,09$; $p > 0,05$]. C'est beaucoup plus sur le terrain des activités classiques que « S » et « non S » se distinguent. En effet, 43% des élèves « S » ont

jugé ce travail « utile » alors qu'ils sont 89% à juger « utile » les DM classiques. Dans le même temps, 56% des élèves « non S » disent le travail sur les DONS « utile » alors qu'ils sont 37% à trouver « utile » les DM classiques.

Finalement, le positionnement des élèves « S » et « non S » concernant les travaux à la maison n'est pas différent de celui qui concerne les travaux effectués en classe : l'utilité accordée par les élèves au travail sur les DONS semble varier dans le même sens, quoiqu'avec un moindre amplitude, que l'intérêt qu'ils portent à ce travail. On ne peut s'empêcher de faire un lien avec la réduction scolaire : le calcul, la formalisation, les méthodes de résolution qui sont des attributs scolaires classiques sont principalement valorisés par les élèves « S ». Cela pourrait constituer un obstacle récurrent à un travail conceptuel plus qualitatif qui s'attache à analyser la cohérence interne d'un document, comme nous l'avons proposé.

3.4. A propos de la satisfaction des élèves

Les questions 8, 10, et 11 ont pour rôle de nous informer sur la satisfaction apportée aux élèves par les différents travaux effectués. Les questions amenant à des réponses ouvertes, il s'agit de repérer des déclarations spontanées concernant le travail effectué sur les DONS, que celles-ci soient négatives ou positives.

Nous insistons sur le caractère spontané des commentaires des élèves. Ces commentaires sont peu nombreux mais prennent toute leur valeur par le fait qu'ils n'ont pas été directement sollicités. On peut considérer que lorsqu'un élève s'exprime spontanément sur le travail effectué sur les DONS, c'est que ces activités l'ont marqué d'une façon ou d'une autre.

- La question 8 (Pouvez-vous expliquer pour quelles raisons vous avez préféré telle ou telle partie ?) n'a amené que très peu de remarques concernant les DONS. En effet, les élèves ont le plus souvent répondu relativement aux thèmes abordés dans l'année et non par rapport aux activités entreprises. Nous avons toutefois relevé quelques commentaires remarquables :

Commentaires d'élèves « Non S » :

« Les activités documentaires sont plus faciles à comprendre que des cours normaux ».

« J'ai préféré les travaux de recherche et d'analyse aux exercices et aux DM ou aux exercices en classe ; puisque je trouve que les recherches nous apprennent beaucoup sur le monde qui nous entoure. Cela est beaucoup plus intéressant et plus « global ». Alors que les TP-cours sont plus spécifiques et n'intéressent (en grande partie) que les futurs « S » ».

« L'activité que j'ai préférée est le Devoir Maison car même si l'on a pas l'intention de choisir la filière S, on en apprend davantage sur la recherche ».

« Certaines activités étaient plus intéressantes et plus utiles que d'autres... Je suis sûre que les calculs de masse molaire ne me serviront jamais à rien ».

Commentaires d'élèves « S » :

« Les préparations et corrections de contrôle ont aussi été très importantes car elles permettent de revoir l'essentiel des chapitres, de poser nos questions, et pour les corrections de contrôle, de repérer nos erreurs pour mieux les comprendre et donc mieux les éviter ».

« Certaines activités comme l'analyse des documents de vulgarisation sont plus abstraites et donc moins intéressantes par rapport aux DM ou aux activités au labo qui elles sont bien plus concrètes ».

Ces commentaires confirment la différence d'appréciation entre « S » et « Non S ». Pour les futurs scientifiques, la priorité reste l'amélioration de la performance avec l'espoir de réussir des études scientifiques. Pour les « Non S », la culture générale scientifique est plus souvent mise en avant. Les activités qui mettent en jeu des recherches, et qui donc, sont en lien direct avec la vulgarisation, sont particulièrement valorisantes pour ces élèves. Cependant, à travers les réponses à cette question, l'analyse critique des DONS reste, *a priori*, un aspect secondaire pour ces élèves.

- Dans la question 10, nous demandions aux élèves de donner un avis général sur l'année qui venait de se dérouler, avec deux thèmes : « ce qui peut être amélioré » et « ce qui a été particulièrement apprécié ».

Nous avons choisi de ne pas rapporter ici l'ensemble des remarques faites par les élèves mais plutôt de faire ressortir les tendances générales et de pointer les réponses qui sont en lien avec le travail sur les DONS réalisé avec les élèves.

Concernant les améliorations à apporter, aucune remarque n'a été relevée concernant les activités de vulgarisation.

Pour dire vite, les élèves expriment souvent l'idée qu'ils souhaiteraient « moins d'exercices et plus de manipulations ».

Des élèves (6/59), qui ne se destinent pas à une section scientifique, ont parfois fait une demande pour effectuer des travaux de recherche et des exposés. Cette demande ne semble pas antagoniste avec le fait d'avoir une approche critique des DONS, même si la demande n'a pas été formulée explicitement à ce stade.

Certains (5/59), réclament même une distinction dans les travaux (« S » et « non S ») dès le début de l'année, distinction mise en place en fin d'année. Ce souhait nous semble faire écho à la démarche entreprise avec le travail sur les DONS. Il y a probablement un espace disponible pour une activité « différente » de ce qui se pratique actuellement à destination des élèves qui n'ont pas le souhait de poursuivre des études scientifiques.

Concernant l'appréciation globale de l'année, voici l'analyse des commentaires des élèves « non S » (N=59) :

- 10 élèves citent des thèmes abordés durant l'année.
- 9 parlent de la conduite du cours au sens large.
- 22 élèves disent avoir apprécié les manipulations.
- 11 élèves parlent des travaux de recherche et de vulgarisation. Nous avons relevé en particulier les commentaires suivants :
 - « j'ai appris quelque chose sur la conquête spatiale ».
 - « J'ai apprécié le fait de ne pas seulement faire de la physique mais aussi de l'esprit critique et de la documentation car cela sort du cadre scientifique ».
 - « j'ai apprécié les documents qui ont permis de nous faire critiquer les sources, les informations et d'avoir un point de vue ».
 - « J'ai apprécié les recherches documentaires et les documents de vulgarisation car on peut se rendre compte que certaines idées reçues sont fausses, c'est utile pour notre culture générale, on apprend beaucoup de choses grâce à eux ».
 - « Les travaux de recherches documentaires parce que c'est pas vraiment de la physique » (sic !).
 - « J'ai apprécié lorsque certains sujets tels l'astronomie se rapprochaient de plus ou moins loin à la philosophie ».

Ces commentaires nous amènent à souligner deux points.

D'une part, ces élèves apprécient de pouvoir travailler sur des sujets « moins scolaires » que ce qui leur est proposé dans le cadre du programme, notamment ils ont apprécié ce qui a rapport à la conquête spatiale ou à l'astronomie.

D'autre part, quelques élèves ont apprécié le travail critique sur les DONNS. Cela leur a donné l'occasion de s'intéresser aux sciences sous un angle « moins scientifique », c'est-à-dire, sans doute, de mettre en jeu d'autres qualités que celles habituellement sollicitées.

Les commentaires des élèves « S » relatifs à l'appréciation globale de l'année portent essentiellement sur deux aspects :

- Le plaisir des manipulations (14/28).
- le plaisir d'avoir cherché et trouvé en travaillant sur des DM difficiles requérant notamment des recherches, de la rigueur, de la qualité dans la rédaction du raisonnement (6/28)

Les autres élèves parlent du contenu ou des méthodes.

Concernant le travail sur la vulgarisation, nous relevons la réponse d'une élève qui dit avoir apprécié l'étude des documents de vulgarisation et leur analyse :

« J'ai apprécié les études de documents de vulgarisation car ça sortait un peu de l'ordinaire et on peut voir que les documents ne sont pas tous parfaits » !

Mais l'on peut voir également des élèves désorientés par ce travail :

« Les DM de vulgarisation sont plus du français que de la physique-chimie, ce qui m'a été très dérangeant. Je n'ai pas perçu l'utilité ».

« Dans vos TP de vulgarisation, vous cherchez des trucs sans trop d'importance des fois ».

Les commentaires relevés dans cette partie sont à l'image des résultats obtenus à l'analyse des réponses aux questions précédentes : les futurs élèves scientifiques manifestent moins d'intérêt que les autres pour le travail d'analyse critique sur les DONS.

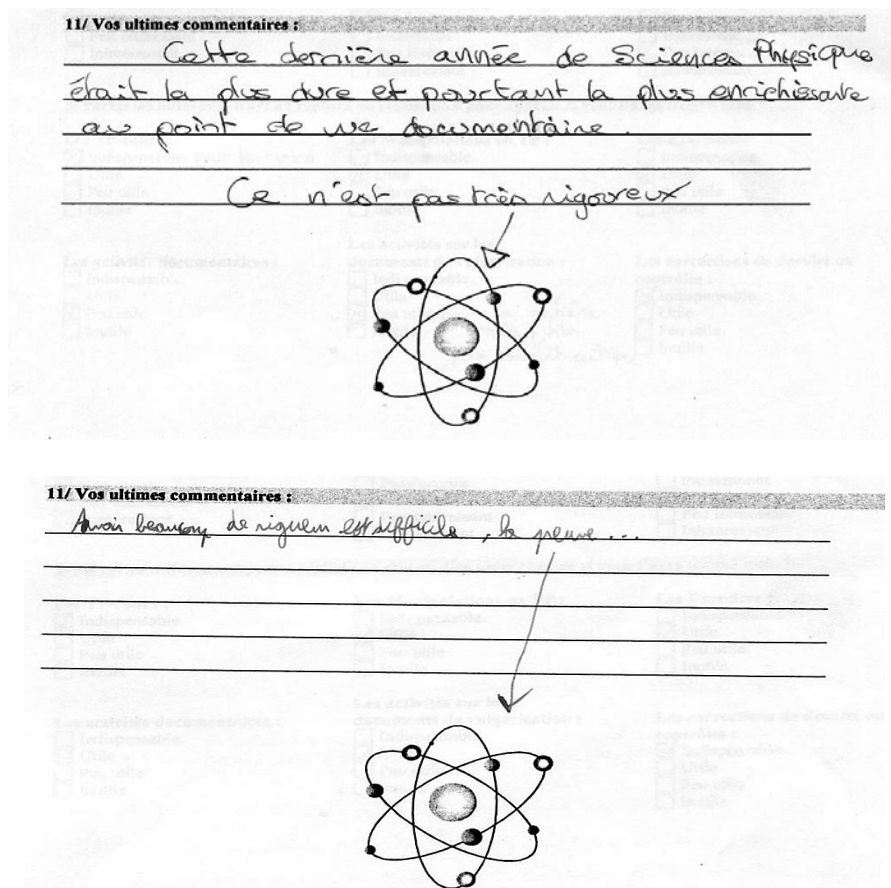
Nous pouvons également noter que la difficulté suscitée par certains travaux, loin de rebuter les élèves, semble procurer une certaine satisfaction intellectuelle. Pour ces élèves, futurs scientifiques, cette satisfaction se manifeste davantage par la résolution de problèmes classiques, alors que pour les « non S », l'apport conceptuel que provoque l'analyse critique est plus souvent source de satisfaction.

- La question 11 laisse la place aux commentaires libres.

Dans l'ensemble, aucun thème ne se dégage nettement.

Nous relevons toutefois trois réponses d'élève qui sont pour nous très significatives. Ces trois élèves signalent spontanément que le schéma d'illustration de l'atome n'est pas très rigoureux (voir ci-après figure 2). Même si, bien sûr, nous ne pouvons assurer que ce fait est à mettre en relation avec leur travail préalable sur les DONS, cette hypothèse est pour le moins à considérer. En tout cas, c'est tout à fait le type de réaction d'élève que nous espérons construire suite à notre travail en classe.

Figure 2 :
Deux exemples d'élèves
qui ont spontanément
exercé une analyse
critique du schéma placé
en « décoration » du
questionnaire.



Encore quelques commentaires remarquables :

- « Cette dernière année de sciences physiques était la plus dure et pourtant la plus enrichissante au point de vue documentaire »
- « Les travaux documentaires sont très bien pour ceux qui n'ont pas l'esprit scientifique »
- « ... mais cela m'a permis d'analyser la source et la nature des informations. Merci beaucoup ! ».
- « Même si je n'aime pas cette matière, j'ai quand même appris des choses intéressantes (sur les atomes, neutrons, électrons, protons) et sur leur utilisation comme par exemple l'accélérateur de particules et son utilisation... »

Enfin, notons que, sur ces trois années, nous avons relevé un grand nombre de commentaires sur la matière et le déroulement de l'année qui revêtent un caractère très positif, y compris pour les élèves qui ne se destinent pas à une section scientifique. Par exemple, le commentaire suivant :

« J'ai apprécié de comprendre certains phénomènes (...) comme la théorie du Big Bang ou savoir que l'on peut « reconstituer » la création de l'univers grâce à la physique. La matière se penche aussi sur des sujets qui paraissent logiques mais qui

pourtant sont beaucoup plus complexes ; c'est intéressant. Je peux affirmer que je n'aime pas les matières scientifiques (...) Toutefois, je peux dire que tout au long de cette année de physique j'ai appris des choses intéressantes qui « valaient le coup » ».

3.5. Conclusion sur le bilan fait par les élèves

Il s'agissait ici d'apprécier l'impression globale des élèves sur le travail effectué avec les DONS par rapport aux autres activités.

Nous avons pu constater au travers des différentes réponses que les élèves ont manifesté de l'intérêt pour le travail qui leur est proposé en sciences physiques. Les manipulations et les recherches documentaires sont les activités le plus appréciées. A l'inverse, les exercices semblent être un fardeau pour les élèves, bien que jugés utiles par ceux qui prévoient une orientation scientifique. On pourrait donc penser que toute activité peu accrocheuse et qui demande de la rigueur serait rejetée par les élèves. Cependant, une partie des réponses nous montre que des travaux relativement difficiles concernant les DONS ont pu être entrepris et ont apporté des bénéfices jugés intéressants.

En effet, la hiérarchisation des obstacles potentiels à une compréhension des concepts présentés n'est pas une chose aisée et encore moins habituelle. L'évolution des élèves, qui dans le devoir demandé, ont fait un réel effort pour parvenir à cette hiérarchisation, nous semble témoigner de la crédibilité de l'entreprise. Certains élèves apparaissent même avoir pris plaisir à ce travail, qui, à leurs dires, permet une meilleure compréhension.

Ces constats sont à mettre en corrélation avec notre hypothèse de « boucle vertueuse » (voir partie 3 p.148). Sans vouloir conclure hâtivement, nous pouvons raisonnablement penser que l'activité proposée engendre les liens de causes à effets, ou plutôt de résonances mutuelles, que nous avons succinctement décrits par :

Identification du message principal >> repérage des facilités et obstacles potentiels (EFOP)
>> Hiérarchisation des obstacles potentiels >> meilleure compréhension conceptuelle ET satisfaction intellectuelle >> (meilleure) Identification du message principal.

Il est à noter, de plus, que le type de travail auquel était destiné notre dispositif didactique a été réalisé par les élèves en situation de relative autonomie. C'est-à-dire que la démarche, entreprise en classe, semble reproductible en dehors du contexte scolaire. Cet aspect nous paraît crucial car, au delà du bénéfice que peut éventuellement tirer le professeur de l'étude des DONS en classe, c'est la préparation du futur citoyen à la lecture critique de document de vulgarisation qui est en jeu.

Le résultat qui peut surprendre reste la différence d'appréciation de l'intérêt de ce travail par les deux groupes d'élèves « S » et « non S ». Les futurs élèves scientifiques, bien que parfois meilleurs dans l'analyse, sont nettement moins favorables à ce type d'activité que les autres. Peut-être les « non scientifiques » y voient-ils un moyen de faire des sciences sans avoir à s'embarrasser d'un formalisme qui leur semble alors inutile. Pour autant, le travail d'analyse critique d'un DONS ne leur apparaît pas d'une évidente utilité en termes d'apport conceptuel. A ce stade, il est difficile d'aller au-delà de ces quelques hypothèses. Il y a là, à notre avis, une piste de recherche intéressante, pour éclairer l'éventuel développement d'activités de ce type pour des classes non scientifiques.

Il convient maintenant de revenir sur ces résultats en référence au positionnement des professeurs sur le travail proposé pour le document « matière ».

4. CONCLUSION DE L’EVALUATION PAR LES ELEVES ET LES PROFESSEURS

Cette dernière partie de notre recherche avait trois objectifs majeurs.

Nous voulions tout d’abord que les élèves puissent s’exprimer sur le travail effectué tout au long de l’année avec les DONS. C’est pour nous un moyen de confronter nos hypothèses sur les bénéfices probables de la démarche d’analyse critique à la réalité scolaire.

Nous souhaitions également savoir comment des professeurs expérimentés auraient abordé le travail sur un DONS avec leurs élèves. En particulier, nous voulions tester notre hypothèse de réduction scolaire à l’abord d’un DONS par les professeurs.

Enfin, nous voulions soumettre la dernière étape de notre travail avec les élèves au jugement des professeurs. En effet, la faisabilité d’un travail critique avec les élèves dépend au premier chef de l’adhésion des professeurs à la démarche. Il était donc nécessaire de connaître les facteurs favorables et les obstacles à sa mise en place.

L’évaluation du travail faite par les élèves nous a permis de parvenir à la conclusion que, à les lire, le travail sur les DONS leur était profitable pour deux raisons : d’une part, il permet une ouverture sur des thèmes de la physique qui ne sont pas abordés d’ordinaire et de ce fait suscite de l’intérêt et de la curiosité ; d’autre part, le travail d’analyse critique permet une meilleure compréhension des concepts et peut conduire à une satisfaction intellectuelle.

L’adhésion des élèves au travail effectué sur les DONS n’a pas été spectaculaire mais se situe dans une tranche moyenne. Nous en concluons que ce type d’activité ne constitue pas une solution miracle au problème de la démotivation mais qu’il peut être réalisé avec les bénéfices que nous venons d’évoquer sans rencontrer une opposition massive.

Nous avons pu également relever des indices que cette adhésion par les élèves (en termes d’intérêt) est différente pour les élèves qui se destinent à des études scientifiques et pour les autres. En effet, les élèves ne se destinant pas à des études scientifiques ont jugé le travail sur les DONS plus intéressant que les futurs élèves scientifiques. Nous pouvons y voir une possibilité de travailler les sciences à partir de l’étude des DONS pour les élèves qui ne se destinent pas à des études scientifiques. Pour autant, il convient de savoir pourquoi les futurs scientifiques s’y intéressent moins. Notre hypothèse sur ce point est que ces élèves ne tirent pas de ce type d’activité un entraînement qui leur permettrait de réussir leurs examens. Il nous semble pourtant que l’analyse critique de la cohérence interne d’un document est très formatrice pour de futurs scientifiques.

Les propositions des professeurs pour travailler sur le document « matière » suggèrent que ce que nous avons appelé la « réduction scolaire » est très prégnante. Sur ce point, notre hypothèse est que, souvent les professeurs n’envisagent pas autre chose que de travailler les concepts au programme de l’année en cours avec soit une intention d’introduction, soit un objectif de réinvestissement. Deux raisons peuvent expliquer cette attitude : d’une part, ils semblent décontenancés pour aborder un DONS avec les élèves, ne sachant pas réellement ce que peut leur apporter de différent ce travail, et d’autre part, n’ayant jamais été confrontés à

une analyse critique d'un DONS, ils ne peuvent imaginer leurs élèves capables de mener à bien une telle entreprise.

Néanmoins, comme nous l'avions constaté dans la phase exploratoire de cette recherche, il apparaît que les professeurs ne sont pas tous hostiles à l'utilisation des DONS avec les élèves. Certains y voient en particulier, grâce à l'ouverture que suscitent les thèmes abordés, un moyen d'exciter la curiosité des élèves et, éventuellement, d'engendrer la motivation. L'effet accrocheur des DONS prend donc toute son importance auprès des professeurs. C'est, nous semble-t-il, un point de départ important pour la mise en place d'activités utilisant les DONS quels qu'en soient les supports.

Enfin, l'étude par les professeurs du travail que nous avons effectué avec les élèves sur le document « matière » a occasionné chez certains une critique détaillée de la cohérence interne du document, ce que nous n'avions pas relevé auparavant. Si bien que lorsqu'on les met sur la voie, les professeurs se prêtent au jeu de la critique. Certains ont également signalé qu'ils trouvaient intéressant le fait de proposer une analyse critique aux élèves. Par contre, ils semblent douter de la capacité des élèves à tirer bénéfice de cette critique. Il nous semble, pourtant, avoir montré que l'étude de la cohérence interne d'un DONS (comme celle que nous avons proposée dans la phase de guidage) est possible sans déstructurer le travail habituel de l'année en cours et qu'elle permet d'abord d'utiliser le potentiel attractif et d'ouverture d'un DONS, et ensuite, d'engendrer une meilleure compréhension des concepts et de susciter une satisfaction intellectuelle chez les élèves.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

1.	LE CONTEXTE SOCIO-EDUCATIF DE LA RECHERCHE : QUELQUES INDICES DE TENDANCES RELATIVEMENT A L'USAGE DES DOCUMENTS D'ORIGINE NON SCOLAIRE EN CLASSE	265
2.	L'EXPERIMENTATION DE L'UTILISATION DES DONS EN CLASSE	266
3.	EXTENSION ET APPROFONDISSEMENT DE CETTE RECHERCHE.....	272
4.	PERSPECTIVES POUR L'ENSEIGNEMENT	275

Nous aborderons nos conclusions à cette recherche en plusieurs étapes.

Tout d'abord nous récapitulerons les différentes informations recueillies avec l'ensemble lors de nos enquêtes sur le terrain dans la phase exploratoire, tant auprès des professeurs que des élèves, et ce, relativement à leurs pratiques respectives et à leur motivation potentielle par rapport à l'utilisation des documents d'origine non scolaire en classe.

Dans un second temps, nous dégagerons les résultats obtenus lors de la phase de guidage qui concernent un dispositif didactique visant à développer le potentiel des élèves en matière d'analyse critique d'un document d'origine non scolaire. Nous déclinons cette partie en quatre thèmes :

- L'identification du message principal,
- Le repérage des facilités employées par les auteurs des documents d'origine non scolaire,
- La hiérarchisation de ces facilités en fonction des risques qu'elles présentent d'un point de vue conceptuel,
- L'existence d'une satisfaction intellectuelle.

Dans une troisième partie, nous tenterons de dégager des pistes de recherche susceptibles d'appuyer et d'approfondir ce travail. Nous proposerons des thèmes de recherches complémentaires ayant pour objectif d'éprouver plus avant les conclusions dégagées dans la phase de guidage. Nous envisagerons également l'élargissement du champ de recherche à d'autres supports. En particulier, nous reviendrons sur les expositions muséales (qui furent l'un des points de départ cette étude), en tentant de mettre nos conclusions en lien avec les pratiques et les recherches existantes dans ce domaine.

Enfin, l'ensemble de ce travail nous a permis d'éclairer la mise en œuvre de nouvelles activités d'enseignement. Nous résumerons notre expérience dans la perspective de proposer aux enseignants une méthodologie pour la mise en œuvre de ces pratiques et éventuellement les accompagner, lors de travaux ultérieurs, dans une démarche d'appropriation.

1. LE CONTEXTE SOCIO-EDUCATIF DE LA RECHERCHE :

QUELQUES INDICES DE TENDANCES RELATIVEMENT A L'USAGE DES DOCUMENTS D'ORIGINE NON SCOLAIRE EN CLASSE

La phase exploratoire de cette recherche avait pour objectif de préciser dans quel contexte nous allions évoluer pour envisager l'étude des DONS en classe avec les élèves.

La toute première étape nous a permis d'approcher la question des rapports que les professeurs et les élèves entretiennent respectivement avec la VS. Nous en retiendrons que les professeurs consultés semblent s'y intéresser, non pas uniquement pour son aspect ludique, mais également relativement à ce qu'elle peut apporter d'un point de vue conceptuel. Pour autant, il ne semble pas que les professeurs soient en mesure de proposer aux élèves un travail conceptuel s'appuyant sur la VS. Seules les sorties muséales semblent susciter une volonté de

travailler avec les élèves avec l'espoir de bénéficier d'un effet motivant propre à ce type d'activité, mais ces professeurs apparaissent pour le moins désorientés quant à la méthodologie à mettre en œuvre. Deux tendances s'opposent dans les intentions des professeurs. D'une part, une propension à ce que nous avons appelé la **réduction scolaire** et qui consiste à ne viser que des objectifs strictement liés aux concepts du programme au détriment d'une approche critique ou d'un apport culturel ; ce qui, finalement, se rapproche très fortement des activités classiques réalisées en classe. D'autre part, une approche que nous qualifierons de **réduction anti-scolaire** qui, à l'opposé, manifeste une volonté d'éviter un travail conceptuel approfondi dans la crainte de provoquer la perte de l'effet motivant convoité.

Nous retiendrons également que les élèves sont sensibles à la VS. Les efforts déployés par les concepteurs de documents de VS pour rendre ceux-ci attractifs amènent les adolescents à s'y intéresser. Cela dit, la consultation des documents de VS ne se fait pas, *a priori*, aussi spontanément que l'on pourrait l'attendre ; l'incitation à cette pratique, de la part des professeurs, semble nécessaire. D'un autre côté, lorsque l'on note la réaction de certains professeurs qui pensent ne jamais pouvoir être aussi « intéressants » que le conférencier du Palais de la Découverte, par exemple, on peut se demander si ce « complexe » ne s'étend pas à l'ensemble de la VS quel qu'en soit le support. De ce fait, il nous a semblé important d'expérimenter une stratégie permettant d'utiliser les qualités de la VS (en particulier son aspect attractif) sans pour autant sacrifier les objectifs conceptuels voire scolaires. Nous avons d'ailleurs pu constater, lors de notre phase exploratoire de recherche, que les élèves ne négligent pas les aspects conceptuels lorsqu'ils abordent un document de VS.

2. L'EXPERIMENTATION DE L'UTILISATION DES DONS EN CLASSE

Un point crucial sur lequel repose cette expérimentation est qu'il ne s'agissait pas de bouleverser l'enseignement mais de proposer un moyen de l'enrichir, et de ce fait, le travail sur les DONS en classe devait s'insérer le plus naturellement possible dans le cursus habituel de l'année (ici la classe de seconde générale). C'est pourquoi, le choix des documents reposait sur le fait que les concepts abordés étaient, au moins en partie, en lien avec le programme, et le temps consacré à cette expérimentation ne devait pas empêcher le programme de se dérouler normalement. Nous insistons sur le fait que ce contrat a été respecté lors des trois années d'expérimentation. Une première conclusion s'impose donc : d'un point de vue purement technique et méthodologique, l'étude critique des DONS en classe est tout à fait envisageable, dans le cadre d'une année scolaire normale. Ce sont ici les conditions d'acceptation de la démarche par les enseignants que nous voulons mettre en avant.

De plus, l'étude des DONS en classe n'avait pas pour vocation de s'adresser aux concepteurs de VS dans l'optique d'influencer leurs pratiques. Le travail critique proposé impliquait une stratégie visant à exploiter les DONS tels qu'ils existent au quotidien, et tels qu'ils sont proposés aux adolescents (et élèves).

Nos questions, globalement, portaient sur ce que ces activités pouvaient apporter aux élèves et sur l'attitude *a priori* des professeurs à leur égard. Plus précisément, activités et indicateurs recueillis s'inscrivaient dans deux lignes de préoccupation imbriquées : appropriation par les élèves d'éléments conceptuels en lien avec un programme scolaire et

éducation à la lecture critique de documents d'origine non scolaire, documents conçus probablement avec l'intention d'accrocher l'intérêt de leurs lecteurs.

Nous récapitulons nos observations tout d'abord sous une rubrique liée au message principal véhiculé par chaque document et aux difficultés afférentes, puis sous deux autres portant respectivement sur le repérage des facilités auxquelles l'auteur a cru devoir recourir et sur l'éventuelle hiérarchie établie par les élèves entre celles-ci, sur la base de leurs impacts probables sur la compréhension. Nous reviendrons enfin sur les indices de satisfaction intellectuelle recueillis. Ce sera l'occasion de verser quelques éléments au crédit de notre perspective d'ensemble, qui postule une sorte de liaison organique entre tous ces aspects : compréhension, hiérarchisation des éléments supposés facilitateurs de lecture mais obstacles potentiels, et satisfaction intellectuelle seraient, dans cette hypothèse, en fortes relations mutuelles.

▪ L'identification du message principal

Un premier constat s'est imposé dès la phase exploratoire et s'est confirmé par la suite avant la mise en place de l'expérimentation sur la phase de guidage : malgré les efforts supposés des concepteurs de ces documents, et bien que ces derniers soient d'une apparente accessibilité, les élèves ne parviennent pas tous - loin de là - à en identifier le message principal (que nous avons choisi comme référence). Environ 40% des élèves ne sont pas en mesure de le faire, et ce résultat s'est avéré relativement stable. La proportion augmente sensiblement avec un document plus difficile d'accès (comme le document « galaxies »).

A partir de notre analyse, nous formulons des hypothèses sur ce qui pourrait faire obstacle à l'identification du message principal.

La réduction scolaire

Nous avons découvert, dès les premiers questionnaires sur le premier document (document « ET »), que la **réduction scolaire** repérée dans la phase d'investigation lors des sorties muséales se manifestait de manière importante aussi bien chez les élèves que chez les professeurs consultés. Au passage, nous notons un aspect de ce travail qui, via des indices relativement ténus du point de vue méthodologique, croise et recroise tel ou tel thème d'une manière qui donne du poids à chacune des observations partielles.

D'aucuns diront qu'il n'est nullement surprenant qu'à l'école, élèves et professeurs cherchent « à faire du scolaire ». De ce point de vue, le calcul de la distance entre la planète ET et la Terre (dans le document « ET »), par exemple, semble effectivement tomber sous le sens. En soi, cela n'apparaît pas contestable. Il reste que, nous l'avons constaté, cette démarche fait obstacle à d'autres activités possibles avec l'étude d'un document d'origine non scolaire. En particulier, elle semble s'opposer à l'identification du message principal et à la compréhension du (des) concept(s) associé(s).

C'est sans doute aussi avec une démarche ainsi marquée par la réduction scolaire que l'effet motivant supposément lié à un document d'origine non scolaire risque le plus de s'estomper (l'élève risquant de voir un objet *a priori* ludique se transformer en

objet exclusivement scolaire). L'attitude de **réduction anti-scolaire** observée chez certains professeurs qui s'opposent à un éventuel travail conceptuel sur un DONS (dans le cadre des sorties muséales) s'inscrirait alors, d'une certaine façon, dans la même logique.

Les liens conceptuels entre les zones

D'un autre côté, la multiplicité des zones dans le document semble poser problème. Les élèves peuvent avoir d'importantes difficultés à relier conceptuellement les zones. De ce fait, il devient difficile pour l'élève, de parvenir à une synthèse de l'ensemble des informations qui lui permettrait de proposer une formulation pour un message principal.

Cette hypothèse est étayée par deux observations. D'une part, l'augmentation du taux d'élèves ayant des difficultés à identifier le message principal lorsque nous sommes passés de l'étude du document « ET » à celle du document « Galaxies », où l'augmentation du nombre de zones et leur lien moins immédiat sont flagrants. D'autre part, par le fait qu'à l'issue de la séance de guidage sur le document « galaxies » où nous avons cherché à amener les élèves à relier conceptuellement les zones entre elles, nous avons observé une nette amélioration dans l'identification du message principal (bien que sa formulation reste difficile). De plus, lors du travail réalisé sur le document « matière », les commentaires des élèves ont montré que l'effort fait pour relier les zones du document entre elles leur donnait le sentiment d'avoir mieux compris l'ensemble.

La difficulté conceptuelle et la nouveauté

Si la difficulté de relier les zones entre elles nous paraît être une hypothèse raisonnable sur ce qui peut faire obstacle à l'identification du message principal, nous ne saurions être affirmatif quant à sa validation. Car, il faut bien le reconnaître, les documents « galaxies » et « matière » sont bien plus difficiles conceptuellement que le document « ET » et présentent, de plus, des concepts nouveaux (comme l'effet Doppler) qui n'ont jamais été abordés auparavant par les élèves.

La difficulté conceptuelle d'un document, le caractère de nouveauté de ces concepts et la difficulté de relier les zones sont, *a priori*, des facteurs qui interfèrent pour constituer un obstacle à l'identification du message principal, sans que l'on puisse, à ce stade, attribuer une part précise à chacun d'entre eux. Tout au plus pouvons-nous rappeler ici les idées avancées par Winn (1993) qui conclut que le facteur le plus important dans la perception des images reste la connaissance par le lecteur du contenu traité.

Chronologiquement, l'expérimentation en classe était envisagée comme impliquant d'abord un travail sur les obstacles que nous venons de rappeler, à la faveur d'une analyse critique. Ce travail débutait par la demande d'identification du message

principal (le cas échéant en s'attachant à relier conceptuellement les différentes zones du document étudié entre elles). Il était attendu que ceci permette ensuite aux élèves de relever, puis de hiérarchiser, les facilités employées par l'auteur et les obstacles potentiels qui s'y attachaient en matière de compréhension des concepts.

- Le repérage des facilités employées par l'auteur d'un document

La phase exploratoire a permis de montrer que bon nombre d'élèves sont tout à fait en mesure de repérer les différentes facilités employées par l'auteur. Et cela, bien plus que ne semblaient l'envisager les professeurs consultés. Cependant, le fait marquant de cette étape est l'absence quasi-totale, chez les élèves, d'une hiérarchisation des obstacles potentiels à la compréhension des concepts que peuvent constituer ces facilités. Interrogés individuellement dans un premier temps, les élèves ne font pas de distinction entre « les ET qui parlent le français » et « la taille non conforme de la Terre » dans le document « ET », pour conserver cet exemple. Ce sont sans doute ces facilités flagrantes qui font que les professeurs se méfient et ont tendance à rejeter la vulgarisation scientifique pour un usage scolaire. Cependant, nous avons pu constater ici que, souvent, ces mêmes professeurs ne mesurent pas les risques potentiels associés à certaines de ces facilités et, spontanément, ne manifestent pas plus que leurs élèves une hiérarchisation des risques d'incompréhension qui s'y attachent. Il est vrai que cette notion de risque d'incompréhension associé à ce qui devrait faciliter la transmission d'un message n'est guère familière dans le paysage scolaire actuel. Tout occupés à tenter de « faire passer » au mieux le rude message de la physique auprès d'élèves dont le manque de motivation semble le premier fléau à éviter, les enseignants pourraient bien y perdre un peu de vue une certaine vigilance. Quant à hiérarchiser de tels risques, c'est une posture intermédiaire qui à la fois reconnaît un problème et vise à le relativiser : encore moins habituel. C'est donc sur un terrain relativement neuf que nous comptons entraîner les élèves de seconde impliqués dans l'expérimentation.

La phase de guidage avait donc un objectif d'enseignement bien précis : à l'aide d'une discussion en classe, l'enseignant était censé amener les élèves à exprimer une hiérarchie entre les risques potentiels d'obstacles à la compréhension. Notre recherche consistait à apprécier les conditions de déroulement et les effets de ce dispositif.

- La hiérarchisation de ces facilités en fonction des risques qu'elles présentent d'un point de vue conceptuel

On peut penser que hiérarchiser les obstacles potentiels à la compréhension est un objectif relativement ambitieux. Pourtant, lors de la phase de guidage, nous sommes parvenus assez rapidement à ce que les élèves comprennent que chaque facilité n'avait pas les mêmes conséquences du point de vue de la compréhension. Notre idée première était d'organiser un débat guidé par le professeur. Mais il n'y a point eu de véritable débat tant les opinions des uns et des autres ont rapidement convergé. En effet, la mise en place d'un débat nécessite la confrontation des avis contradictoires (voir par exemple Joshua & Dupin 1989). Toujours pour rester sur l'exemple du document « ET », il devient vite clair pour les élèves que l'existence des ET ou le fait qu'ils parlent le français ne porte pas à conséquence alors que la représentation non réaliste de la taille de la Terre pourrait bien donner une idée fausse des distances en cause et donc de la cohérence du message.

L'appréciation de ce risque ne va pas de soi, et paradoxalement une bonne compréhension de la situation peut y faire obstacle. Ainsi, tel élève qui a correctement identifié le message principal a du mal à formuler que la Taille de la Terre puisse être un obstacle à la compréhension pour d'autres élèves (ou d'autres publics). Ce qui se résume par « ce n'est pas très gênant puisque j'ai compris ». Il y a, de notre point de vue, un enjeu important à conduire les élèves à discuter cette idée : le fait de comprendre ne dispense pas de prendre conscience que l'on a, ce faisant, contourné un obstacle potentiel engendré par une facilité employée par l'auteur. Car, si la compréhension est intervenue avec un document, ce ne sera peut-être pas le cas dans un autre contexte, à cause justement, d'une facilité du même type.

La hiérarchisation est ici apparue comme relativement accessible, de façon modulée selon le contenu conceptuel du document d'origine non scolaire étudié ; elle est, par exemple, beaucoup plus facile à établir dans le document « ET » que dans le document « Galaxies ». Reste la question du transfert de cette aptitude dans un autre contexte : autre document, autre support, autre cadre..., et *a fortiori*, en situation d'autonomie, c'est-à-dire sans la présence d'un guide. Le travail donné aux élèves sur les documents « galaxies » et « matière » nous a permis un premier éclairage sur cette question : tout comme pour le document « ET », il y a, dans l'étude du document « galaxies » par les élèves, une absence quasi-totale de hiérarchisation spontanée des risques associés aux facilités repérées, et, après la séance de guidage, on observe une nette amélioration. Les résultats sont plus probants pour le document « matière », lequel est étudié par les élèves en situation d'autonomie, en fin d'année. Nous pouvons donc penser que l'effet de répétition de l'activité a joué son rôle et que les élèves ont progressé dans l'exercice d'une critique élaborée. Ceci n'autorise pour autant pas à crier victoire et la nécessité, pour affermir une telle compétence, de répéter la méthode sur plusieurs années nous paraît de simple bon sens.

Cela étant, quels sont les apports possibles de l'activité pour les élèves et pour leurs professeurs ? Au regard des commentaires des élèves, nous avons été amené à conclure qu'en repérant les facilités et en hiérarchisant les risques potentiels de mauvaise compréhension qu'elles peuvent engendrer, les élèves améliorent nettement leur compréhension globale du document, tant au niveau du message principal qu'au niveau des concepts annexes présentés. De leur côté, les quelques professeurs consultés - rappelons-le : sans pratique personnelle de l'activité proposée - sont restés très partagés sur l'utilité de la démarche. Nous avons pu relever des indices qui permettent de penser qu'ils ne sont pas hostiles au travail proposé. En particulier, ils font ressortir l'apport de culture scientifique qu'engendre l'activité, mais le sens et les objectifs de l'analyse critique du document leur restent *a priori* étrangers.

▪ L'existence d'une satisfaction intellectuelle

C'est dans ce sentiment d'avoir amélioré sa compréhension du document, sur des thèmes qu'il pensait parfois hors de portée, que l'élève peut ressentir une forme de satisfaction, ici qualifiée d' « intellectuelle ». Du moins nos observations semblent-elles appuyer cette idée.

Dans la dernière partie de la phase de guidage, la discussion nous a permis d'amener les élèves sur le terrain de la distinction entre l'effet accrocheur d'un document, son accessibilité et la motivation que cela peut engendrer.

A l'issue de cette séance, les commentaires des élèves sont assez révélateurs et se résument ainsi: le côté ludique et attractif est une composante cruciale pour « entrer » dans un document, mais il ne saurait assurer à lui seul une compréhension plus facile du message principal et des concepts associés. Bon nombre de commentaires, suite au travail demandé sur le document « matière », nous ont montré que ce qui avait permis aux élèves d'acquérir une meilleure compréhension, et, au delà, une profonde satisfaction, était le travail critique lui-même.

Au final, cette expérimentation de l'utilisation des documents d'origine non scolaire en classe nous amène à une gamme de résultats dont le statut s'étend de celui de résultat relativement factuel, à des confirmations d'attentes ponctuelles ou des « compatibilités » avec des hypothèses plus larges, et nous conduit à de nouvelles questions.

Au titre des résultats relativement factuels, nous avons montré que l'analyse critique d'un document d'origine non scolaire en classe est une pratique réalisable en classe, avec des objectifs conceptuels et dans le cadre d'un cursus classique. Nous ne voyons pas de raison de douter que ce qui a été réalisé avec la classe de seconde générale ne puisse être adapté à d'autres niveaux, sans entraver la progression « normale » de l'année scolaire ; même si, bien évidemment cela mérite expérimentation.

Nous étions partis sur l'idée que le pouvoir attractif d'un document d'origine non scolaire était un élément moteur de la mise en place d'une activité scolaire. La réaction positive des élèves et la non opposition - voire l'approbation - des professeurs consultés confirment cette hypothèse. Mais nous avons également obtenu la confirmation que les professeurs bien qu'intéressés sont, le plus souvent, démunis pour proposer un travail conceptuel utilisant un DONS s'il ne s'effectue pas dans le cadre d'une activité purement scolaire.

L'analyse des séances de questionnement et de guidage et les résultats que nous avons obtenus nous ont apporté des éléments fort compatibles avec l'hypothèse de l'existence d'une « boucle vertueuse » qui apparaît lors de l'analyse critique d'un document d'origine non scolaire et qui se décline symboliquement de la façon suivante : première appropriation du message principal \Rightarrow identification des facilités et des obstacles potentiels \Rightarrow hiérarchisation \Rightarrow compréhension plus fine du message principal et des concepts associés, l'ensemble étant à l'origine de l'apparition d'une certaine « satisfaction intellectuelle », laquelle devient une nouvelle source de motivation, plus en profondeur que ne l'était le pouvoir attractif du DONS concerné.

Nous restons conscients que la réplication des activités que nous avons réalisées s'avère nécessaire pour valider plus avant cette hypothèse. Certes la difficulté de construction de cette validation n'est pas seulement liée à la nécessaire multiplicité des contextes explorés, mais bien au caractère systémique de ce réseau hypothétique de relations. Evoquer des résonances multiples entre facteurs, c'est bien acter aussi de l'impossibilité d'isoler l'une d'entre elles, bien simple et bien linéaire. Ce sont des commentaires d'élèves, extrêmement explicites, qui constituent ici l'argument le plus convaincant de ce point de vue. Nous pourrions résumer les limites de notre travail en indiquant que la « boucle vertueuse » en question se trouve ici bien plus « illustrée » que « validée » au sens fort.

L'analyse du travail réalisé a permis également de recueillir des indices d'une différence d'appréciation de l'activité proposée par les élèves qui se destinent à des études scientifiques et par les autres. Notre position est que l'analyse critique d'un document d'origine non scolaire est une activité susceptible d'être profitable pour ces deux catégories d'élèves. Nous

avons pu relever qu'effectivement des élèves de ces deux catégories disaient avoir apprécié l'ouverture culturelle scientifique qu'engendre ce type de travail, ce qui constitue une bonne incitation à éviter toute forme de réduction scolaire. Mais si les élèves qui ne se destinent pas à des études scientifiques ont semblé apprécier le travail critique sur la cohérence interne du document, les futurs élèves scientifiques ont exprimé, dans leur majorité, l'impression de perdre leur temps. Il y a, nous semble-t-il, un enjeu majeur à inverser cette tendance chez ces derniers.

3. EXTENSION ET APPROFONDISSEMENT DE CETTE RECHERCHE

Notre étude reste modeste notamment parce que les échantillons d'élèves et de professeurs sur lesquels nous avons travaillé ne permettent pas d'en tirer des conclusions sans appel. Néanmoins, la répétition sur trois années consécutives de notre expérimentation avec des résultats stables nous permet de penser que ces résultats sont crédibles. Par conséquent, un premier travail intéressant consisterait à étoffer ces échantillons et à diversifier les populations d'un point de vue sociologique (que donnerait une expérimentation comme celle-ci dans un établissement classé en ZEP, par exemple, ou dans d'autres pays ?). L'extension de cette expérimentation à d'autres niveaux (du collège et du lycée) nous paraît également essentielle si l'on veut pouvoir tester la mise en place de ces activités tout au long du cursus et l'impact que cela peut avoir au fil des années.

Dans le même ordre d'idée, et concernant les professeurs, nous avons beaucoup travaillé avec de futurs professeurs pour des raisons de disponibilité. Et il serait souhaitable de mener une enquête plus large pour avoir une idée plus précise de ce qui est réellement réalisé par les professeurs en exercice avec les documents d'origine non scolaire. Nous restons sur l'idée acquise durant notre enquête préliminaire qui est que les professeurs n'utilisent que très rarement des documents d'origine non scolaire en classe et que leur pratique en la matière reste méconnue. Cela étant, une étude en profondeur pourrait apporter des informations susceptibles d'éclairer les conditions d'une évolution progressive vers l'appropriation de la démarche expérimentée ici.

De plus, lors de cette expérimentation, le professeur attitré de la classe, qui a assuré les séances de guidage, était aussi chercheur. Il serait donc intéressant d'analyser la situation où le professeur attitré d'une classe met en œuvre ces séances de guidage sans être lui-même chercheur, et de voir si des obstacles se présentent. Il ne faut pas se dissimuler, notamment, que le choix des documents d'origine non scolaire à utiliser peut se révéler délicat. Et les moyens appropriés pour minimiser les risques de réduction scolaires restent à étudier.

Concernant les élèves, plusieurs questions restent en suspens.

Rappelons tout d'abord que nous n'avons pas analysé le parcours individuel de lecture des élèves. Nous nous sommes appuyés, d'une part, sur les réponses des élèves aux questionnaires et, d'autre part sur leurs réactions en classe pour obtenir des résultats sur leurs difficultés de lecture, notamment celles sur la mise en relation des différentes zones du document. Nous ne sommes pas en mesure, si tant est que cela soit possible, de décider de la part prise par l'architecture scriptovisuelle du document dans la compréhension du message

principal délivré par DONS. Un travail approfondi centré sur la lecture individuelle de chaque élève pourrait contribuer à éclairer ce point.

Ensuite, dans l'objectif de former de futurs citoyens à utiliser la vulgarisation scientifique dans leur quotidien, avec un regard critique, on peut se demander si la démarche entreprise en classe est reproductible en situation d'autonomie, et si oui, à quelles conditions ? Le travail réalisé par les élèves sur le document « matière » peut nous laisser penser qu'un tel transfert est envisageable, mais, à défaut d'autres éléments, il semble raisonnable de penser que, pour amener à l'ampleur d'une véritable compétence, il faut que ce type d'activité se généralise et soit mis en pratique régulièrement tout au long de la scolarité d'un élève. Un suivi de cohorte sur plusieurs années serait précieux pour confirmer cette prise de position.

Par ailleurs, comment montrer aux futurs scientifiques la pertinence et l'utilité d'un tel travail ? Peut-être faudrait-il, dans les classes scientifiques, relayer ce type d'activité par une activité plus classique portant sur les mêmes concepts, ou encore, en utilisant des outils très formels qui permettraient l'analyse critique. Par exemple, dans le cadre du document « ET », l'analyse pourrait être précédée par le calcul de la distance Terre-Planète pour ensuite parvenir à la critique de la taille de la Terre. Plus largement, les bénéfices observés dans le sillage de l'activité analysée ici ne sauraient dispenser d'étudier toute forme d'adaptation à des publics et des contextes différents.

En matière d'extension, la question du support utilisé se présente aussi. Compte tenu de notre enquête préliminaire qui révèle le fort engouement des professeurs pour les sorties muséales et surtout les conférences associées (du type Palais de la découverte ou Citée des Sciences et de l'Industrie), et la demande d'information quant à la pédagogie à mettre en œuvre dans ce cas, il peut sembler pertinent d'envisager de travailler avec les professeurs dans ce contexte, en retenant ce qui peut l'être de ce que nous apprend cette expérience de travail sur document papier, notamment le risque de réduction scolaire.

Les recherches entreprises ces dernières années dans le cadre des expositions muséales font en partie écho aux constats que nous avons pu faire. Il semblerait d'ailleurs que la réduction scolaire ne soit pas réservée aux professeurs car comme le remarque Triquet (2006), « *Nous retiendrons donc, avec Michel Van-Praët et Bernard Poucet qu'une certaine propension existe bel et bien dans les services éducatifs des musées à reproduire l'école au musée. Il s'agit donc tant des tendances à calquer le thème des expositions sur les programmes scolaires, qu'à transformer certains lieux d'animation en salle de classe, certaines fiches de visite en page de lecture ou encore à substituer un animateur à un enseignant. Or pour ces auteurs (...) les solutions sont à rechercher en terme de complémentarité et de partenariat* ». Ce qui laisse entendre que l'exposition elle-même tend à développer une forme de ce que nous avons appelé la réduction scolaire. Et nous nous associons à cette idée que le développement d'un partenariat est indispensable entre l'école et le musée. La question qui demeure est : quelle doit être la nature de ce partenariat ?

Il ne s'agit pas, bien sûr, de faire en sorte que les musées conçoivent leurs expositions pour un usage exclusivement scolaire, de la même manière qu'il serait illusoire d'influencer les concepteurs des documents papiers que nous avons étudiés. C'est donc l'objet (l'exposition ou le document papier), tel qu'il existe, dont il convient d'accompagner l'appropriation. De ce point de vue, nous rejoignons encore Triquet (2006), sur le fait que la présence d'un guide s'avère nécessaire : « *Dans une exposition, rappelle Yves Girault, les objets présentés sont choisis, pour « illustrer » un thème selon la logique consensuelle des*

concepteurs. Or, comme il le fait remarquer, les visiteurs ne peuvent décrypter ces objets ou les observer que selon leurs propres modèles de référence qui vont produire du sens. Et de conclure que, pour aider les visiteurs à accéder au sens souhaité par les muséologues, il est souvent nécessaire d'avoir recours à une médiation humaine (enseignant formé pour la visite scolaire ; conférencier, animateur) ». Il remarque de plus que « Les savoirs de l'exposition apparaissent très marqués par leur contexte de présentation. D'une certaine façon, leur intégration passe par une phase de dé-contextualisation, doublée éventuellement d'une re-contextualisation. Le moment de l'exploitation de la visite peut être le lieu de ce double travail ».

Là où notre démarche prend une tournure particulière, c'est dans le fait que nous pensons que le travail de dé-contextualisation et re-contextualisation passe par un travail d'analyse critique de ce qui est présenté aux élèves. Parlant d'analyse critique, nous n'entendons pas, d'abord, comme Cora Cohen (2000, 2001), le décryptage des ressorts utilisés pour mettre en scène (lumières, disposition des objets) le message médiatique. Il s'agit ici de la mise en perspective des risques engendrés pour la compréhension des concepts, dans une astreinte de conformité avec une théorie acceptée. L'école n'est pas comprise comme élargissant ses fonctions à celle de formateur de l'enfant-visitateur, mais comme impliquée dans un partenariat dont l'équilibre devrait favoriser la pérennité.

Il s'agit en particulier d'inciter à une comparaison des concepts scolarisés (ayant subi une transposition didactique) et des concepts médiatisés (ayant subi une transposition médiatico-didactique), quitte pour l'enseignant-guide à mettre en œuvre lui-même une transposition didactique d'un concept nouveau pour les élèves et médiatisé par le support (l'exposition ou le papier), comme nous avons dû le faire à propos de l'effet Doppler avec le document « galaxies ».

En cela, nous pensons alimenter la réflexion engagée par Triquet (2006) qui appelait à des investigations dans ce sens : *« La situation qui est au cœur de nos recherches met aux prises deux institutions : l'Ecole et le Musée. Suivant cette approche, nous avons esquissé – au plan théorique – un cadre pour définir, la transposition « médiatico-didactique » à l'œuvre dans notre situation d'étude. Il nous reste désormais à éprouver la validité et la pertinence de ce cadre au moyen d'analyse de cas concrets d'enseignants placés dans cette situation. De telles études devraient nous permettre de repérer précisément comment se joue l'articulation des contraintes médiatiques et didactiques. De façon plus large, c'est ici le problème de l'utilisation par l'école de supports médiatiques de diffusion des connaissances non conçus pour elle et dans une visée d'apprentissage qui pourrait être appréhendé ».*

Maintenant, une fois notée cette rencontre entre des souhaits exprimés par des enseignants et les analyses autorisées de chercheurs prônant un partenariat Ecole-Musée, il n'est pas certain que ce soit dans ce cadre que notre travail trouve le plus naturellement son utilité, ou se constitue comme source d'inspiration particulièrement efficace.

Il y a tant à faire sur la base de documents papier, qui réponde au vœu qu'exprime cette dernière citation, que c'est sans doute le premier impératif que d'y affermir nos premiers résultats. Comme le remarquait, et même le déplorait, le rapport d'inspection cité plus haut (IGEN, 1998), nous observons une floraison de pseudo-documents d'origine non scolaire dans les manuels récents. Les « Activités Documentaires » trônent en fin de chapitre comme une impérieuse incitation à l'élargissement culturel, même si ce sont des questions étroitement scolaires qui en rythment les plages de texte. Il y a sans doute, dans ce phénomène

qui s'est développé en parallèle avec notre étude, matière à étudier à la fois les pratiques enseignantes et les conditions d'une appropriation optimale pour nos élèves. Nous suggérons que les idées de réduction scolaire et de hiérarchisation d'éléments facilitateurs/obstacles potentiels sont de nature à orienter une telle étude.

Cela étant l'offre de documents – au sens large - d'origine non scolaire est vaste aujourd'hui. Citons les émissions TV, les sites Internet, les CDROM interactifs et bien sûr les expositions muséales et les conférences dans les musées (ou parfois dans la classe). Il nous semble que tous ces supports pourraient être l'objet d'une étude comparable à celle que nous avons menée avec les documents papier. Il serait intéressant de dégager les points communs dans l'étude critique d'un document d'origine non scolaire quel que soit le support, mais aussi de dégager les particularités propres à chacun de ces supports. De nombreuses recherches sur les TICE, sur les films scientifiques ou sur la muséologie devraient pouvoir être mises en relation avec le travail que nous avons effectué ouvrant ainsi de nouvelles perspectives dans les domaines concernés.

4. PERSPECTIVES POUR L'ENSEIGNEMENT

Comme nous le précisons plus haut, l'un des principaux résultats de notre expérimentation avec les élèves est que l'étude critique d'un document d'origine non scolaire en classe est possible dans le cadre d'une progression scolaire classique avec des bénéfices non négligeables.

Une première étape vers une expérimentation plus large consisterait donc à informer les enseignants de cette possibilité d'activité, et de leur permettre d'en évaluer les bénéfices. De notre point de vue, il y a une nécessité d'information et de formation à l'intention des enseignants.

Cela étant, les instructions officielles gagneraient à être clarifiées quand elles suggèrent l'exploitation de documents d'origine non scolaire. A l'heure actuelle, l'apport de culture scientifique y est largement mis en avant, mais le travail conceptuel et critique à partir de ces documents d'origine non scolaire semble être laissé de côté. Il nous paraît important qu'une incitation claire à ces pratiques se manifeste dans ces instructions, car, en l'absence de travail conceptuel, les enseignants ont probablement une tendance à ignorer ces activités en préférant consacrer le temps à des activités plus scolaires, plus formelles, ou plus classiquement méthodologiques.

De plus, comme nous l'avons constaté, les élèves qui ne se destinent pas à des études scientifiques semblent être les plus favorables à l'utilisation des documents d'origine non scolaire en classe. Dans la mesure où ces activités peuvent servir de support à un travail conceptuel et critique, il serait souhaitable de développer ce type d'activité. En particulier, les classes autres que scientifiques (1^{ère} et T^{ales} ES et L des séries générales, et autres séries technologiques et professionnelles) devraient pouvoir bénéficier d'un enseignement conceptuel utilisant les DONS. En termes conceptuels, un tel enseignement nous semblerait

plus approprié pour les élèves, bénéficiant ainsi de l'effet accrocheur, et au bout de la chaîne que nous avons décrite, d'une motivation liée à la satisfaction intellectuelle d'avoir compris de nouveaux concepts. Les travaux de lecture et d'analyse de l'image et des textes sont de plus des activités transversales qui permettraient à ces élèves de développer au mieux leur esprit critique. Une réflexion sur les programmes et les instructions de l'enseignement scientifique des séries concernées pourrait donc être envisagée de ce point de vue.

Concernant les séries scientifiques, il y a un enjeu d'importance à travailler sur la cohérence interne d'un document d'origine non scolaire avec de futurs scientifiques. Régulièrement, des textes sont proposés à l'épreuve du baccalauréat de la série S (jamais d'image à en croire les annales). Les questions posées sont orientées vers une vérification de la compréhension du texte mais rarement vers une analyse critique. Orienter les questions dans le sens de l'analyse critique pourrait faire prendre conscience aux futurs scientifiques de l'importance de la cohérence dans un document et, plus largement, dans une théorie. L'activité en classe d'analyse critique d'un document d'origine non scolaire en deviendrait nettement plus pertinente et motivante pour les élèves et les enseignants.

Outre la distinction de ces deux catégories d'élèves, nous nous demandions à l'origine de ce travail si le niveau scolaire d'un élève était un élément déterminant dans l'analyse critique d'un document d'origine non scolaire. Sans avoir étudié statistiquement cette variable, nous pouvons toutefois constater que des élèves en difficulté dans la matière ont participé activement aux discussions et se sont montrés parfois plus concernés que pour d'autres activités plus classiques. Ces mêmes élèves, dans l'impossibilité d'aligner deux lignes de calcul élémentaire, peuvent parfois fournir une analyse très pertinente concernant les obstacles potentiels. Il faut donc, nous semble-t-il, considérer ce type d'activité comme une alternative aux formes classiques d'acquisition de concepts pour les élèves en difficulté et/ou en perte de motivation.

Nous avons l'espoir que ce travail puisse être utile aux personnes concernées. En particulier, nous espérons qu'il ait pu éclaircir le travail des professeurs de sciences physiques qui souhaitent travailler sur les documents d'origine non scolaires, et qu'il puisse permettre aux personnes en charge de l'élaboration des programmes scolaires d'affiner les instructions concernant l'utilisation de ressources non scolaires à l'école. Peut-être cette recherche sera-t-elle utile aux chercheurs en muséologie dans la perspective d'un travail avec les enseignants dans une vision élargie de l'utilisation de ressources d'origine non scolaire avec les élèves. Peut-être aussi, ce travail permettra-t-il aux chercheurs de l'enseignement des sciences d'éclaircir en partie les relations qu'entretiennent la culture scientifique et les aspects conceptuels.

Enfin, cette recherche et les expérimentations qui lui sont associées ont été menées dans le but d'en faire profiter d'abord les élèves, et, à l'issue de cette recherche, nous pouvons raisonnablement penser que l'utilisation des documents d'origine non scolaire en classe est de nature à contribuer à réconcilier la fascination naturelle des jeunes pour la science avec l'acquisition de nouveaux concepts et ainsi susciter de nouvelles vocations. Nous comptons sur les divers approfondissements de recherche suggérés plus haut pour appuyer ce souhait.

BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES

- ABD-EL KHALICK, F. & LEDERMAN, N.G. (2000). Improving science teachers' conceptions of the nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22, (7), pp. 665-702.
- ALLARD, M. (1999). Le partenariat Ecole-Musée : quelques pistes de réflexion. *Aster*, n°29, pp. 26-40.
- ALLARD, M. & BOUCHER, S. (1991). *Le musée et l'école*, Montréal : HMH, 136 p.
- ALLEMAND, E. (1983). "L'information scientifique à la télévision", Paris : Edition Anthropos.
- ALLEN, S. (1997). Using scientific inquiry activities in exhibit explanations, *Science Education*, 81(6), pp. 715-734.
- ANDERSON, D., KEITH, B., LUCAS, KB, GINNS, I.S. & DIERKIN, L.D. (2000). Development of knowledge about electricity and magnetism during a visit to a science museum and related post-visit activities, *Science Education*, 84(5), pp. 658-679.
- ARTIGUE, M. (1988), Ingénierie didactique, *Recherche en didactique des mathématiques*, 9, 3, pp. 281-308.
- ASTOLFI, J.-P. (1989). Quel(s) sens pour Aides didactiques ?. In A. Giordan et J.L.Martinand (éds.) Onzièmes journées internationales sur l'éducation scientifique de Chamonix : *Les aides didactiques* . pp. 41-45.
- ASTOLFI, J.-P. & DELEVAY, M. (1989). *La didactique des sciences*. Paris : PUF, 125 p.
- ASTOLFI, J.-P., GINSBURGER-VOGEL, Y & PETERFALVI, B. (1987). Aspects de la schématisation en didactique des sciences. In : D. Jacobi et C. Vézin (Eds.), *La communication par l'image. Bulletin de Psychologie*.
- BARAM-TSABARI, A. & YARDEN, A. (2005). Text genre in the Formation of Scientific Literacy, *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 4, pp. 403-428.
- BARTHELEMY F. (2000). *Journalistes et enseignants : concurrence ou interaction?* Paris : L'Harmattan, 299 p.
- BEAUFILS, D., LE TOUZE, J.C. & RICHOUX H. (1996). Des images pour des activités scientifiques : apport des nouvelles technologies dans l'enseignement de la physique, *Aster* n°22 : *Images et activités scientifiques*.

- BRICKHOUSE, N.W., DAGHER, Z.R., LETTS, W.L. & SHIPMAN, H.L. (2000a). The diversity of students' views about evidence, theory and the interface between science and religion in an astronomy course. *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (4), pp. 340-62.
- BRICKHOUSE, N.W., DAGHER, Z.R., SHIPMAN, H.L. & LETTS, W.L. (2000b). Why things fall: evidence and warrants for beliefs in a college astronomy course. In R. Millar, J. Leach & J. Osborne, (eds.) *Improving Science Education- The contribution of research*. Buckingham : Open University Press. pp. 11-26.
- BROWN, D. & CLEMENT, J. (1991). Classroom teaching experiments in mechanics. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niederrerr (eds.): *Research in physics learning: theoretical and empirical studies*, Kiel Germany IPN, pp. 380-397.
- BUFFET, F. (1995). Entre école et musée : le temps du partenariat éducatif ?, *Public et musée*, n°7, pp. 47-66.
- BURDEN, J. (2005). Twenty First Century Science, *Education in Science*, 213, pp. 10-12.
- CAILLET, E. *A l'approche du musée, la médiation culturelle*, Lyon : PUL.
- CHAUVET, F. (1996a). Teaching Colour: Designing and Evaluation of a Sequence, *European Journal of Teacher Education*, 19, (2), pp. 119-134.
- CHAUVET, F. (1996b). Un instrument pour évaluer un état conceptuel: exemple du concept de couleur, *Didaskalia* , n°8, pp. 61-79.
- CHEVALLARD, Y. (1991). *La transposition didactique ; du savoir savant au savoir enseigné*. 2^{ème} édition, Grenoble : La pensée sauvage, 240 p.
- CHEVALLARD, Y. & JOSHUA, M.A. (1982). Un exemple d'analyse de la transposition didactique : la notion de distance. *Recherche en didactique des mathématiques*, 3, 2, pp. 157-239.
- CITTERIO, R. (1992). Musées-Ecoles : même combat ? In : E. Faublée (coord.), *En sortant de l'école...* Musée et patrimoine, CNDP, Paris : Education Hachette, pp. 93-96.
- CLOUGH, M.P. (2007). *Teaching the Nature of Science to Secondary and Post-Secondary Students : Questions rather Than Tenets*. <http://www.pantaneto.co.uk/issue25/clough.htm>
- COHEN, C. (2000). *Contribution à l'étude de relations entre l'Ecole et le Musée ; vers une formation de l'enfant visiteur*. Thèse de Doctorat, Paris : Muséum national d'Histoire naturelle, 555 p.
- COHEN, C. (2001). *Quand l'enfant devient visiteur : une nouvelle approche du partenariat Ecole-Musée*, Paris : L'Harmattan

COLIN, P., CHAUVET, F. & VIENNOT, L. (2002). Reading images in optics: students' difficulties and teachers' view. *International Journal of Science Education*. Vol. 24, n°3, pp. 313-332.

COLLECTIF. (1986). *La science, le livre, les jeunes*. Actes du colloque sur l'information scientifique et technique à destination des jeunes. (18 et 19 Novembre 1985). Massy : Lire pour Comprendre. 208p.

CONVERT, B. (2007). Y a-t-il une crise des vocations scientifiques ? , *Pour la science* , 353, pp. 16-19.

de HOSSON, C. & KAMINSKI, W. (2006). Un support d'enseignement du mécanisme optique de la vision inspiré de l'histoire des sciences, *Didaskalia*, 24.

de HOSSON, C. & KAMINSKI, W. (2007). Historical controversy as an educational tool. Evaluating elements of a teaching-learning sequence conducted with the Dialogue on the ways that vision operates, *International journal of Science Education*, 20 [2].

ESSAFI, M. & MASAI, M. (2000). Entraînement à la maîtrise de l'information scientifique : une expérience. *Enseignement et Recherche en Didactique des Sciences* (ERDS 2000), Première biennale du réseau Marocain de didactique des sciences.

FEHER, E. (1990). Interactive museum exhibits as tools for learning : explorations with light . *International Journal of Science Education*, vol.12 (1), pp. 35-49.

FEHER, E. & RICE, K. (1985). Development of scientific concepts through the use of interactive exhibits in a museum. *Curator*, 28 (1), pp. 35-46.

FOUQUIER, E. & VERON, E. (1986). *Les spectacles scientifiques à la télévision*. Paris : Documentation française.

GALILI, Y. (1996). Students' conceptual change in geometrical optics. *International Journal of Science Education*, 18 (7), pp. 847-868.

GIL-PEREZ, D. & FURIO-MAS, C. (1984). Utilisation de la vulgarisation scientifique dans l'enseignement de la physique et de la chimie. In : A. Giordan et J.L. Martinand (Eds.) Sixièmes journées internationales sur l'éducation scientifique de Chamonix : *Signes et discours dans l'éducation et la vulgarisation scientifique*. pp. 589-596.

GINGRAS, Y. (1994). Critique du livre: Eléments d'épistémologie et de didactique des sciences physiques, G. Robardet , IUFM de Grenoble (1993), *Didaskalia*, n°4, p. 124.

GIORDAN, A. (1984). Compréhension de livres scientifiques de vulgarisation (texte et iconographie) par des enfants de 8 à 14 ans. In : A. Giordan et J.L. Martinand (Eds.) Sixièmes journées internationales sur l'éducation scientifique de Chamonix : *Signes et discours dans l'éducation et la vulgarisation scientifique*.

GIORDAN, A. & MARTINAND, J.-L. (1988). « *Signes et discours dans l'éducation et la vulgarisation scientifiques* », Nice: Z'Editions.

- GIORDAN, A. (1996). *Evaluer pour innover*, Nice : Z' Editions.
- GIRAULT, Y. (1999). L'école et ses partenaires scientifiques, *Aster n°29*, Paris : INRP, pp. 3-8.
- GOODLAD J. (1973). *Science for non-scientists, an examination of objectives and constraints in the presentation of science to non-specialists*, Oxford University Press.
- GRIFFIN, J. (1998). Learning science through practical experiences museums. *International Journal of Science Education*. Vol. 20, n°6, pp. 655-663.
- GUICHARD, J. & MARTINAND, J-L. (2000). *Médiatique des sciences*, collection Education et formation, technologies de l'éducation et de la formation, Paris : PUF.
- GUICHARD, J. (1999a). Fruit d'un partenariat école-musée, des expositions pour participer à la formation scientifique des élèves. *Aster n°29 : l'école et ses partenaires scientifiques*.
- GUICHARD, J. (1999b). *La médiation des sciences*. Paris, Le Seuil.
- GUISASOLA, J. & MORANTIN, M. (2007). Qué papel tienen las visitas escolares a los museos de ciencias en el aprendizaje de las ciencias? Una revisión de las investigaciones. *Enseñanza de las ciencias*, 25 (3), pp. 401-414.
- HIRN, C. & VIENNOT, L. (2000). Transformation of didactic intentions by teachers: the case of geometrical optics in grade 8. *International Journal of Science Education*, 22 (4), pp. 357-384.
- HUNT, R. & MILLAR, R. (2000). *Science for Public Understanding*, London: Heinemann.
- IGEN; Borne, Dominique (1998). Le manuel scolaire. Programme de travail 1997-1998. Paris : La Documentation française.
- JACOBI, D. (2001). Savoirs non formels ou apprentissage implicites ?, *Recherches en communication*. n°15, pp. 169-184.
- JACOBI, D. (1987). *Textes et images de la vulgarisation scientifique*. Berne : Peter Lang.
- JACOBI, D. (1985). « Visualisation des concepts dans les discours de la vulgarisation scientifique ». *Culture technique*. n°14.
- JACOBI, D. ET SCHIELE, B. (1990). *La vulgarisation scientifique et l'éducation non formelle*. *Revue française de pédagogie*, 91, pp. 81-111.
- JACOBI, D. & SCHIELE, B. (1988). (sous la direction de). *Vulgariser la science, le procès de l'ignorance*, Seyssel : Champ Vallon.
- JACQUINOT, G. (1977). *Image et pédagogie. Analyse sémiotique du film à intention didactique*. Paris : PUF.
- JACQUINOT, G. (1997). *L'image à l'école*. Paris : PUF.

JEANNERET, Y. (1994). *Ecrire la science*. Paris : PUF.

JENKINS, E. (2007). School Science : a questionable construct ? *Journal of curriculum studies*, 39, 3, pp. 265-282.

JIMENEZ ALEIXANDRE, M.P., FEDERICO-AGRASO, M. (2007). *Students' reception of Hwang's work through the media: ethics and Rhetoric*, paper presented (and handed out) at the meeting of ESERA 2007 in Malmö (21-25 August), abstract p. 215.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE M. P., AGRASO M. F. & EIREXAS, F. (2004). *Scientific Authority and Empirical Data in Argument Warrants about the Prestige Oil Spill*, Multiple paper set n°400840, Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, San Diego.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE M. P. & PEREIRO-MUNOZ C. (2002), « Knowledge producers or knowledge consumers ? Argumentation and decision making about environmental management », *International Journal of Science Education*, n° 24, pp. 1171-1190.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE M. P., RODRIGUEZ A. B. & DUSCHL R. A. (2000), "Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics, *Science Education*, n° 84, pp. 757- 792.

JOSHUA, S. & DUPIN, J.J. (1989). *Représentation et modélisations : le « débat scientifique » dans la classe et l'apprentissage de la physique*. Berne : Peter Lang.

JURDANT B. (1975). La vulgarisation scientifique, *La Recherche* n°53, p. 149..

KAMINSKI, W. (1991). *Optique élémentaire en classe de quatrième: raisons et impact sur les maîtres d'une maquette d'enseignement*, Thèse (L.D.P.E.S.), Université Paris 7.

KOLSTØ, S. D. (2000), Consensus Projects : teaching science for citizenship, *International Journal of Science Education*, n° 22, pp. 645-664.

KOLSTØ, S. D. (2001a), Scientific literacy for citizenship : tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues , *Science Education*, n° 85, pp. 291-310.

KOLSTØ, S. D. (2001b), To trust or not to trust..., pupils' ways of judging information encountered in a socio-scientific issue , *International Journal of Science Education*, n° 23, pp. 877-901.

KOMOREK, M. & DUIT, R. (2004). The teaching experiment as a powerful method to develop and evaluate teaching and learning sequences in the domain of non-linear systems. *International Journal of Science Education* 26(5), pp. 619-633.

KUHN, D. (1991). *The skills of arguments*. Cambridge (UK): Cambridge University Press.

KRESS, G. & VAN LEEUWEN T. 1996. *Reading Images: the Grammar of Visual design*. London: Routledge & Kegan Paul.

LAUKENMANN, M., BLEICHER, M., FUß, S., GLÄSER-ZIKUDA, M., MAYRING, P., & RHÖNECK, C. V. (2003). An investigation of the influence of emotional factors on learning in physics instruction. *International Journal of Science Education*, 25(4), pp. 489-507.

LAURIAN, A.M. (1983) . *Typologie des discours scientifiques*. Etudes de linguistique appliquée. n°51.

LAVE, J. & WENGER, E. (1991). *Situated learning. Legitimate peripheral participation*. Cambridge (UK): Cambridge University Press.

LEACH, J. (2005). Impact of research on teaching and learning. In R. Pinto & D. Couso (Eds.) *Contributions from Science Education research*, Dordrecht: Springer. pp. 39-57.

LEACH, J. & SCOTT, P. (2000). *Designing and validating teaching-learning sequences in a research perspective*, CSME, University of Leeds.

LEACH, J. & SCOTT, P. (2002). Designing and evaluating science teaching sequences: an approach drawing upon the concept of learning demand and a social constructivist perspective on learning. *Studies in Science Education*, 38, pp. 115-142.

LEACH, J. & SCOTT, P. (2003). Learning science in the classroom: Drawing on individual and social perspectives. *Science and Education*, 12(1), pp. 91-113.

LEMERISE, T. (1994). *Le musée : un environnement favorable au dévoilement et au développement des théories naïves chez les élèves*. In : L'éducation et les musées ; visiter, explorer, et apprendre, Montréal : Logiques, pp. 169-183.

LEROY-BURY, J.-L. ET VIENNOT, L. (2003). Doppler et Römer : physique et mathématique à l'œuvre . *Bulletin de l'Union des Physiciens*, n° 859, pp. 1595-1611.

LOPEZ, R. R. & JIMENEZ ALEIXANDER, M.P., (2007). Podemos cazar ramas ? Calidad de los argumentos de alumnado de primaria y desempeño cognitivo en el estudio de una charca. *Ensenanza de las Ciencias*, 25, 3, pp. 309-324.

LOWE, R. (1996). Les nouvelles technologies, voie royale pour améliorer l'apprentissage des sciences par l'image ? , *Aster* n°22 : *Images et activités scientifiques*.

LUCAS, AM. (1987). Interactions between formal and informal sources of learning science, In: Evered & O'Connor (eds.). *Communicating science to the public*, p. 64-79, Londres: J. Wiley.

MACIAS, A., MANGANIELLO, M., MATURANO, C., SOLIVERES, M. & MENIKHEIM, M. (2001). Una experiencia en comprensión de textos científicos por los alumnos universitarios en dos universidades, *Ensenanza de las Ciencias*, VI Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las ciencias, Num. extra, p. 151.

MANTSOURIDIS, D., HALKIA, K. & SKORDULIS, C. (2007). *Developing Teachers' skills in transforming Press Science into School Science*, paper presented (and handed out) at the meeting of ESERA 2007 in Malmö (21-25 August), abstract p. 216.

MARQUEZ, C., PRAT, A. & MARBA, A. (2007). *A critical reading of press advertisement in the science class*, paper presented (and handed out) at the meeting of ESERA 2007 in Malmö (21-25 August), abstract p. 215.

MARTIN-BALBAR, M. (1977). “*De l’objet-texte au texte-objet*”. Etudes de linguistique appliquée. n°28.

MARTINEAU, R. (1990). L’éducation au musée : vers un savoir apprendre, *Musées*, 13, 3 Montréal, pp. 27-31.

MATHE, S. (2006). *L’esprit critique d’étudiants peu spécialisés en physique, avant et après mise en alerte*, mémoire de tutorat de Master 2 « Didactique des disciplines », Université Denis Diderot (Paris 7), LDSP.

MATHE, S. & VIENNOT, L. (2008). Concern for coherence in science mediators-to-be, A guided intellectual progression, soumis à *International Journal of Science Education*, communication personnelle.

MAZZITELLI, C.A., MATURANO, C. I. & MACIAS, A. (2007). Estrategias de monitoreo de la comprensión en la lectura de textos de ciencias con dificultades, *Ensenanza de las Ciencias*, 25, 2, pp. 217-228.

MEANS, M. L. & VOSS, J.F. (1996). Who reasons well? Two studies of informal reasoning among children of different grade, ability and knowledge level. *Cognition and Instruction*, 14, 2, pp. 139-178.

MEHEUT, M. (1998). *Construire et valider des séquences d’enseignement*, Note de synthèse pour l’habilitation à diriger des recherches (non publiée), Université Paris 7-LDSP.

MÉHEUT M. & PSILLOS, D. (2004). Teaching Learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26 (5), pp. 515-535.

MEULEMANS, T. (1998a). Apprentissage implicite, mémoire implicite et développement. *Psychologie Française*, 43,1, pp. 27-37.

MEULEMANS, T. (1998b). « *L’apprentissage implicite ; une approche cognitive, neuropsychologique et développementale* », Marseille : Solal.

MILLAR, R. & HUNT, A. (2002). Science for Public Understanding. A different way to teach and learn Science. *School Science Review*, 83 (304), pp. 35-42.

MILLAR, R. (2006). Twenty first century science: Insights from the design and implementation of a scientific literacy approach in school science. *International Journal of Science Education*, 28(13), pp. 1499-1522.

MILLAR, R. (2005). Scientific literacy: A feasible goal?. In V. Tselves, P. Kariotoglou & M.Patsadakis (Eds), *Science: Teaching and learning in the context of compulsory education*. Proceedings of the 4th Greek-national conference on science education. Department of Early childhood Education, University of Athens, V. 2, pp 18 -26.

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE (2001). *Document d'accompagnement du programme de Première S*. Paris : CNDP

MOLINATTI, G. (2007) *Médiation des sciences du cerveau* ; Thèse non publiée, Paris : Muséum d'Histoire naturelle.

MOTTET, G. (1996). Les situations-images : une approche fonctionnelle de l'imagerie dans les apprentissages scientifiques à l'école élémentaire. *Aster n°22 : Images et activités scientifiques*.

NIEDERRER, H., BUDDE, M. GIVRY, D., PSILLOS, D. & TIBERGHEN, A. (2007). Learning process studies. In R. Pinto & D. Couso (Eds.). *Contributions from Science Education Research*, Dordrecht: Springer. pp 159-171.

OCDE (2006). *Learning for Tomorrow's World – First results from PISA*. Paris OCDE.

OGBORN, J. (1997). Constructivist Metaphors and Science Learning, *Science and Education*, special double issue on philosophy and constructivism, 6(1-2), pp. 121-133.

PERAYA, D. et NYSSSEN, M.C. (1995). Pour une théorie des paratextes : une étude comparée des manuels de biologie et d'économie. *Cahier de la section des sciences de l'éducation*. N°78. Genève : Université de Genève.

PERKINS D. N., FARADY N. & BUSHEY N. (1991), «Everyday reasoning and the roots of intelligence , In : J. F. Voss, D. N. Perkins et J. W. Segal, (éds.), *Informal Reasoning and Education*, Hillsdale, NJ : Erlbaum, pp. 83-105.

PEYTARD, J. (1975). Lecture d'une aire scripturale : la page de journal . *Langue Française*. n°28.

PINTO, R. (2005). Introducing curriculum innovations in science: Identifying teachers' transformations and the design of related teacher education, *Science Education* 89, 1, pp. 1-12.

PINTO, R., VIENNOT, L., OGBORN, J., SASSI, E. & QUALE, A. (2001). *Science Teacher Training in an Information Society. Final Report*, www.uab.es/sttis.htm and LDSP, Université Paris 7.

PINTRICH, P. R., MARX, R. W., & BOYLE, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63(2), pp. 167-199.

PSILLOS, D. & KARIOTOGLOU, P. (1999). Teaching fluids: Intended knowledge and students' actual conceptual evolution. *International Journal of Science Education* 21, 1, pp. 17-38.

RADCLIFFE, M., BARTHOLOMEW, H., HAMES, V., HIND, H. LEACH, J., MILLAR, R. & OSBORNE, J. (2005). Evidence based practice in science education: the researcher-user interface. *Research Papers in Education* 22, 2, pp. 69-86.

RAICHVARG, D. (1997) *La vulgarisation des sciences en sa poétique : traduction ou création, réception ou interpellation*. Mémoire d'HDR, Université Paris-Sud Orsay, 220 p.

RAINSON, S. & VIENNOT, L. (1998). Charges et champs électriques : difficultés et éléments de stratégie pédagogique en Mathématiques Spéciales Technologiques, *Didaskalia*, 12, pp. 9-37.

REBER, A.S., (1993). *"Implicit learning and tacit knowledge; an essay on the cognitive unconscious"*, Oxford University Press, New York.

REIGOSA, C. & JIMENEZ-ALEXANDRE, M.P. . (2007). Scaffolded Problem-Solving in the Physics and Chemistry Laboratory : Difficulties hindering students' assumption of responsibility, *International Journal of Science Education*, 29, 3, pp. 307-329.

RHÖNECK, C. V., GROB, K., SCHNAITMANN, G. W., & VÖLKER, B. (1998). Learning in basic electricity: how do motivation, cognitive and classroom climate factors influence achievement in physics? *International Journal of Science Education*, 20(5), pp. 551-565.

RIGAUT, M. (2005). *L'épreuve écrite de physique au baccalauréat : analyse du point de vue du contrat didactique*, Thèse soutenue à l'université Denis Diderot, le 14 Décembre 2005.

ROBERT, A. (1987). La mise en scène du savoir scientifique dans les documentaires . *Aster* n°4 : *Communiquer les sciences*.

ROQUEPLO, P. (1974). « *Le partage du savoir* » Paris : Le Seuil.

SADLER, T. D. (2004), Informal reasoning regarding socioscientific issues : A critical review of research », *Journal of Research in Science Teaching*, n° 41, pp. 513-536.

SADLER, T. D., CHAMBERS, F. W. & ZEIDLER, D. L. (2004). Student conceptualisations of the nature of science in response to a socioscientific issue, *International Journal of Science Education*, n° 26, pp. 387-409.

SADLER, T. D. & DONNELLY, L. A. (2006), « Socioscientific argumentation : The effects of content knowledge and morality », *International Journal of Science Education*, n° 28, pp. 1463-1488.

SCRIVE, M. (1989). Le film d'exposition scientifique : un choc entre deux cultures, *Aster* n°9 : *Les sciences hors de l'école*.

SHAMOS, M.H. (1995). *The myth of scientific literacy*. New Brunswick, NJ: Rutgers University press.

SIMONNEAUX, L. (2001), Role-play or debate to promote students' argumentation and justification on an issue in animal transgenesis , *International Journal of Science Education*, n° 23 (9), pp. 903-928.

SIMONNEAUX, L. (2003), L'argumentation dans les débats en classe sur une technoscience controversée, *Aster*, n° 37, pp. 189-214.

SIMONNEAUX, L. & SIMONNEAUX, J. (2005). Argumentation sur des questions socio-scientifiques, *Didaskalia*, n°27, pp. 79-108.

STTIS : (1997-2000), coord. R. Pinto, <http://antalya.uab.es/crecim/websttis/index.html>

TOULMIN, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge (UK), Cambridge University Press.

TRIQUET, E. (2005). *La littéracie muséale*. Note de synthèse pour l'obtention de l'habilitation à diriger des recherches (non publié), Université de Bourgogne, France.

VAN-PRAËT, M. & POUCKET, B. (1992). Les musées, lieux de contre-éducation et de partenariat avec l'école. In : *Education et pédagogies*, n° 16, pp. 21-29.

VIENNOT, L. (2007). La physique dans la culture scientifique : entre raisonnement, récit et rituels. *Aster*, 44, pp. 23-40.

VIENNOT, L. (2006). Teaching rituals and students' intellectual satisfaction, *Physics Education* 41, pp. 400-408. <http://stacks.iop.org/0031-9120/41/400>

VIENNOT, L. (1996). *Raisonnement en physique : la part du sens commun*. Bruxelles : De Boeck, 245 p. Avec la contribution de A. Benséghir, H. Caldas, F. Chauvet, J.L. Closset, W. Kaminski, L. Maurines, J. Menigaux, S. Rainson, S. Rozier, E. Saltiel.

VIENNOT, L. et al. (2004). Design Strategies and Tools for Teacher Training: The Role of Critical Details, Examples in Optics. *International Journal of Science Education*. 24 (3) pp. 13-27

VIENNOT, L. & KAMINSKI, W. (2006), Can we evaluate the impact of a critical detail ? The role of a type of diagram in understanding optical imaging, *International Journal of Science Education*, 28 (15), pp.1867-1895.

VIENNOT, L. & RAINSON, S. (1999). Design and evaluation of a research based teaching sequence: the superposition of electric fields. *International Journal of Science Education*, 21(1), pp. 1-16.

VOSS J.F. & MEANS, M.L. (1991). Learning to reason via instruction in argumentation, *Learning and Instruction*, 1, pp. 337-350.

VYGOTSKY, L. (1978). *Mind in society, The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

WELLINGTON, J (1991). News paper, school science : friends or ennemy ? , *International Journal of Science Education*, 13, 4, pp. 363-372.

WELLS, G. (1997). *Dialogic inquiry: Toward a sociocultural practice and theory of education*. Cambridge (UK): Cambridge University Press.

WERTSCH, J. (1991). *Voices of the mind: A sociocultural approach to mediated action*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

YORE, L.D., BISANZ, G.L. & HAND, B.M. (2003). Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language arts and science research, *International Journal of science Education*, 25, 6, pp. 689-725.

ZANA, B. (1993). Exploiter les musées scientifiques. *La culture scientifique et technique*, CNDP, Paris : Education Hachette, pp. 107-111.

ZOHAR, A. & NEMET, F. (2002). « Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics », *Journal of Research in Science Teaching*, n° 39, pp. 35-62.

ANNEXES

Sommaire des annexes :

Annexe 0 : synopsis du travail expérimental.....	p. 292
Annexe I.a. : Questionnaire professeur Enquête préliminaire sur la Vulgarisation Scientifique.....	p. 294
Annexe I.b. : Questionnaire élève Enquête préliminaire sur la Vulgarisation Scientifique.....	p. 296
Annexe II.a. : Questionnaire professeur Avant visite du Palais de la Découverte.....	p. 298
Annexe II.b. : Questionnaire professeur Après visite du Palais de la Découverte	p. 299
Annexe II.c. : Retranscription des entretiens réalisés après visite du Palais de la Découverte avec les Stagiaires IUFM	p. 300
Annexe III.1.a : Questionnaire QE1 A destination des élèves à propos du document « ET »	p. 350
Annexe III.1.b : Questionnaire QE2 A destination des élèves à propos du document « ET »	p. 351
Annexe III.2 : Entretiens DEUG A 1ère année A propos du document « ET ».....	p. 352
Annexe III.3.a. : Questionnaire sur le document « ET » À destination des professeurs (QP1)	p. 389
Annexe III.3.b. : Questionnaire sur le document « ET » À destination des professeurs stagiaires (QP2) Et intégralité des réponses (N=20)	p. 390
Annexe III.4.a. : Questionnaire à destination des élèves A propos du document « Galaxies » (QE3).....	p. 393
Annexe III.4.b. : Questionnaire à destination des élèves A propos du document « Galaxies » (QE4).....	p. 394
Annexe III.5. : Questionnaire à destination des professeurs stagiaires A propos du document « Galaxies » (QP3).....	p. 395
Annexe IV.1. : Questionnaire élève : bilan de fin d'année.....	p. 396
Annexe IV.2. : Réponses des élèves au bilan de fin d'année	p. 399
Annexe V. : Les trois documents étudiés	p. 403

Annexe 0

SYNOPSIS du travail expérimental

PHASE EXPLORATOIRE :

Enquête professeurs :

- ◆ Enquête préliminaire sur la vulgarisation questionnaire écrit (N=25 dont 6 professeurs de Physique Chimie).
- ◆ Entretien avec 1 stagiaire IUFM préparatoire à une visite du Palais de la découverte avec les élèves
- ◆ Questionnaire Avant/Après Sortie IUFM Palais de la découverte (Stagiaires N=20)
 - Entretiens qui font suite (N=4)
- ◆ Doc. E.T. questionnaires écrits :
 - QP1 (Stagiaires N=20)
 - QP2 (Licence N=13)
- ◆ Doc. Galaxies questionnaire écrit : QP3 (Stagiaires N=28)

Enquête élèves :

- ◆ Enquête préliminaire sur la vulgarisation questionnaire écrit (2 classes de 2nde Générale N≈60)
- ◆ Document « E.T. » questionnaires écrits :
 - QE1 (Secondes N=66)
 - QE2 (Secondes N=62)
 - Entretiens sur le document suite à un petit questionnaire (Deug 1, N=17, L.V.)
- ◆ Document « Galaxies », questionnaires écrits :
 - QE3 (Secondes N=32)
 - QE4 (Secondes N=30)

PHASE de GUIDAGE : mise en place d'une Analyse Accompagnée
(3 classes de seconde $N=30 \times 3 = 90$ environ, sur trois années consécutives) :

- Doc. E.T. Questionnaire (Phase 1 séance 1)
- Analyse Accompagnée (2 demi groupes $N=15 \times 2$) séance filmée (Phase 1 séance 2)
- Doc. Galaxies. Questionnaire (Phase 2 séance 1)
- Analyse accompagnée du document avec questionnaire supplémentaire sur l'effet Doppler. Séance filmée (Phase 2 séance 2)
- Document « Matière » Questionnaire type « Travail Maison » : restitution d'un travail écrit (Phase 3).
Analyse et restitution en classe (pas de trace, 1h).

PHASE DE BILAN : Evaluation du travail de l'année par les élèves.

- Questionnaire papier ($N= 30 \times 3 = 90$ environ)
- Questionnaire professeur sur le document « Matière »
 - Phase 1 : comment les professeurs auraient travailler avec les élèves sur document « Matière » ? ($N=7$).
 - Phase 2 : Commentaires des professeurs sur le travail que nous avons proposé aux élèves ($N=7$).

Annexe I.a.

Questionnaire professeur Enquête préliminaire sur la Vulgarisation Scientifique

Enquête : La vulgarisation scientifique

Cette enquête a pour objectif de cerner quelle est la place de la vulgarisation scientifique auprès de différents publics. Merci de répondre aux questions le plus précisément possible.

1/ Etes-vous intéressé par les documents de vulgarisation scientifique ?

(Une seule réponse possible)

- ☐ Pas du tout.
- ☐ Un peu.
- ☐ Normalement.
- ☐ Beaucoup.
- ☐ Énormément.

2/ Consultez-vous les divers documents de vulgarisation scientifique ?

(Une seule réponse possible)

- ☐ Jamais
- ☐ Rarement
- ☐ De temps en temps
- ☐ Régulièrement
- ☐ Souvent ou très souvent.

3/ Quels documents

(Plusieurs réponses possibles)

- | | |
|--|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> Par la télévision. | Exemple d'émission : |
| <input type="checkbox"/> Par les journaux (quotidiens) | Exemple de journal: |
| <input type="checkbox"/> Par les revues de vulgarisation | Exemple de revue : |
| <input type="checkbox"/> Par la visite d'exposition. | Exemple de musée : |
| <input type="checkbox"/> Par Internet. | Exemple de site : |

4/ Quel(s) thème(s) vous intéresse(nt) plus particulièrement ?

.....
.....

5/ Avez-vous déjà travaillé sur un document de vulgarisation scientifique en classe ?

(Une seule réponse possible)

- ☐ Jamais
- ☐ Rarement
- ☐ De temps en temps
- ☐ Régulièrement
- ☐ Souvent ou très souvent.

6/ Incitez-vous les élèves à consulter des documents de vulgarisation scientifique ?

(Une seule réponse possible)

- ☐ Jamais
- ☐ Rarement
- ☐ De temps en temps
- ☐ Régulièrement
- ☐ Souvent ou très souvent.

7/ Le plus souvent, lorsque vous consultez un document de vulgarisation scientifique, vous pensez que :

(Plusieurs réponses possibles)

- ☐ Cela n'a pas d'intérêt.
- ☐ C'était divertissant.
- ☐ C'était intéressant.
- ☐ Vous avez tout compris.
- ☐ Vous n'avez pas tout compris mais cela vous donne envie de comprendre.
- ☐ Vous ne comprenez pas parce qu'il vous manque des connaissances.
- ☐ Cela vous a aidé à comprendre certains aspects de ce que vous avez vu dans vos études.
- ☐ Cela donne de l'intérêt à ce que vous avez vu pendant vos études.
- ☐ Cela vous donne envie d'en savoir plus sur le sujet.
- ☐ Vous êtes un peu moins ignorant qu'auparavant.
- ☐ Cela vous aide à mieux cerner les problèmes de société.

8/ Il vous arrive de comprendre un phénomène précis à l'aide d'un document de vulgarisation et de vous en souvenir :

(Une seule réponse possible)

- ☐ Jamais
- ☐ Parfois
- ☐ Souvent

Donner un exemple :

.....

.....

9/ Le plus souvent, quel crédit accordez-vous à la vulgarisation scientifique :

Donnez une note de qualité : 1 : faible.... 5 : excellent.

A la télé : Clarté : ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 valeur scientifique : ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

Journaux : Clarté : ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 valeur scientifique : ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

Revues : Clarté : ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 valeur scientifique : ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

Exposition : Clarté : ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 valeur scientifique : ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

Internet : Clarté : ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 valeur scientifique : ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

Annexe I.b.

Questionnaire élève Enquête préliminaire sur la Vulgarisation Scientifique

Enquête : La vulgarisation scientifique

Cette enquête a pour objectif de cerner quelle est la place de la vulgarisation scientifique auprès de différents publics. Merci de répondre aux questions le plus précisément possible.

1/ Etes-vous intéressé par les documents de vulgarisation scientifique ?

(Une seule réponse possible)

- ☐ Pas du tout.
- ☐ Un peu.
- ☐ Normalement.
- ☐ Beaucoup.
- ☐ Énormément.

2/ Consultez-vous les divers documents de vulgarisation scientifique ?

(Une seule réponse possible)

- ☐ Jamais
- ☐ Rarement
- ☐ De temps en temps
- ☐ Régulièrement
- ☐ Souvent ou très souvent.

3/ Quels documents

(Plusieurs réponses possibles)

- | | |
|--|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> Par la télévision. | Exemple d'émission : |
| <input type="checkbox"/> Par les journaux (quotidiens) | Exemple de journal: |
| <input type="checkbox"/> Par les revues de vulgarisation | Exemple de revue : |
| <input type="checkbox"/> Par la visite d'exposition. | Exemple de musée : |
| <input type="checkbox"/> Par Internet. | Exemple de site : |

4/ Quel(s) thème(s) vous intéresse(nt) plus particulièrement ?

.....
.....

5/ Avez-vous déjà travaillé sur un document de vulgarisation en classe ?

(Une seule réponse possible)

- ☐ Jamais
- ☐ Rarement
- ☐ De temps en temps
- ☐ Régulièrement
- ☐ Souvent ou très souvent.

6/ Vos professeurs vous encouragent-ils à consulter la vulgarisation scientifique ?

(Une seule réponse possible)

- ☐ Jamais
- ☐ Rarement
- ☐ De temps en temps
- ☐ Régulièrement
- ☐ Souvent ou très souvent.

7/ Le plus souvent, lorsque vous consultez un document de vulgarisation scientifique, vous pensez que :

(Plusieurs réponses possibles)

- ☐ Cela n'a pas d'intérêt.
- ☐ C'était divertissant.
- ☐ C'était intéressant.
- ☐ Vous avez tout compris.
- ☐ Vous n'avez pas tout compris mais cela vous donne envie de comprendre.
- ☐ Vous ne comprenez pas parce qu'il vous manque des connaissances.
- ☐ Cela vous a aidé à comprendre certains aspects de ce que vous avez vu en classe.
- ☐ Cela donne de l'intérêt à ce que vous avez vu en classe.
- ☐ Cela vous donne envie d'en savoir plus sur le sujet.
- ☐ Vous êtes un peu moins ignorant qu'auparavant.
- ☐ Cela vous aide à mieux cerner les problèmes de société.

8/ Il vous arrive de comprendre un phénomène précis à l'aide d'un document de vulgarisation et de vous en souvenir :

(Une seule réponse possible)

- ☐ Jamais
- ☐ Parfois
- ☐ Souvent

Donner un exemple :

.....

.....

9/ Le plus souvent, que pensez vous de la qualité de la vulgarisation scientifique :

Donnez une note de qualité : 1 : faible.... 5 : excellent.

A la télé : Clarté : ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 valeur scientifique : ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

Journaux : Clarté : ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 valeur scientifique : ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

Revues : Clarté : ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 valeur scientifique : ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

Exposition : Clarté : ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 valeur scientifique : ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

Internet : Clarté : ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 valeur scientifique : ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

Annexe II.a.

Questionnaire professeur Avant visite du Palais de la Découverte

Merci de répondre aux questions suivantes.

- 1) Quelles sont vos attentes *a priori* en allant assister à ces conférences ?
- 2) En tant que professeur, quels seraient vos objectifs si vous organisiez une visite avec vos élèves pour assister à une conférence au Palais de la découverte ?
- 3) Vous semble-t-il nécessaire de préparer la visite avant d'assister à la conférence avec des élèves ?
- 4) Si OUI, que comptez-vous préparer et comment comptez-vous le mettre en oeuvre ?
Si NON, pour quelles raisons ?
- 5) Pensez-vous qu'il soit souhaitable de faire une exploitation en classe avec les élèves après la conférence ?
- 6) Si OUI, Que pensez-vous préparer et Comment comptez-vous le mettre en oeuvre ?
Si NON, pour quelles raisons ?
- 7) Quels avantages et inconvénients voyez-vous à organiser de telles visites avec les élèves ?
- 8) Avez-vous assisté à des conférences similaires en tant qu'élève ? Quels souvenirs en gardez-vous ?
- 9) Avez-vous l'intention d'organiser prochainement une excursion de ce genre avec vos élèves ?
- 10) Commentaires libres :

Annexe II.b.

Questionnaire professeur Après visite du Palais de la Découverte

MERCI de bien vouloir choisir une des conférences auxquelles vous avez assisté au Palais de la Découverte et de répondre aux questions suivantes :

Thème de la conférence :

- 1) Quelles étaient vos attentes *a priori* en allant assister à ces conférences ?
- 2) L'animateur a-t-il présenté le(s) objectif(s) de la conférence ?
- 3) Si oui, quels sont-ils ? Si non, pouvez-vous dégager des objectifs clairs ?
- 4) Quels phénomènes physiques ont été abordés et quelles lois physiques ont été mises en relation avec ces phénomènes ?
- 5) Les explications apportées vous ont-elles semblé correctes au niveau de la physique et abordables et adaptées pour des élèves ?
- 6) Y a-t-il un lien entre les différentes parties abordées par l'animateur ? Que pensez-vous de l'enchaînement de ces différentes parties ?
- 7) Avez-vous relevé une expérience reproductible en classe pour son intérêt didactique ?
Si oui laquelle et pourquoi ?
- 8) Dans le cadre d'une sortie scolaire, avez-vous relevé une expérience non reproductible en classe qu'il serait souhaitable d'approfondir par un travail en classe ?
Si oui laquelle et pourquoi ?
- 9) Finalement, cette conférence vous semble-t-elle intéressante pour les élèves ? Pourquoi ?
- 10) Commentaires libres :

Annexe II.c.

Retranscription des entretiens réalisés après visite du Palais de la Découverte avec les Stagiaires IUFM

ENTRETIEN N° 1

- Alors donc euh en fait ce qui m'intéresse dans un premier temps c'est qu'on parle de ce que vous avez vu dans le dans le comment dirais-je, dans les conférences, alors déjà est-ce que spontanément est-ce que vous seriez intéressée pour amener les élèves voir ce genre de conférence ? Est-ce que ça vous paraît naturel ?

- Euh, est-ce que ça me paraît naturel ? Disons qu'après les avoir vu, ça me donne vraiment envie

- Hum hum

- Parce que moi j'ai trouvé ça assez, enfin ça, ça, moi ça m'a éveillé pas mal de curiosités, de choses comme ça, donc euh ça me semble intéressant pour les élèves et puis ça ça, les sort un petit peu du cadre du lycée... Donc oui avant de faire le questionnaire j'avais pas plus réfléchi que ça mais en répondant au 1^{er} questionnaire et en ayant vu les conférences ça me donne envie ouais je dois dire.

- Ok, Alors si euh parmi les conférences auxquelles vous assistez là si vous deviez en choisir une pour organiser une sortie avec les élèves, laquelle auriez-vous choisie et pourquoi ?

- Euh alors moi j'aurai choisi le planétarium déjà

- Hum hum

- ça fait pas vraiment partie des conférences

- Ouais

- Enfin, parce que la séance au planétarium elle a beaucoup de résonances avec le programme de seconde en tout cas avec ce que j'ai fait pour l'instant

- Hum hum

- Et sinon par rapport aux 3 conférences qu'on a vu, euh je pense que j'aurai choisi l'électrostatique parce que la mécanique, je trouve que c'est trop dur, enfin moi ça m'a beaucoup intéressée, mais je pense que c'est pas du tout le niveau des élèves que j'ai.

- C'est pas adapté pour eux ?

- Voilà, et les changements d'états euh, c'est sympa, ça m'a bien plus, c'est très ludique en fait, mais l'électrostatique aussi. Mais moi ce qui m'intéressait sur l'électrostatique c'est tous les rappels sur les ordres de grandeurs qui étaient faits et qui moi j'ai pas du tout d'idées des ordres de grandeurs dans ce domaine là, je pense que les élèves encore moins.

- Hum hum

- Donc ça c'était un point qui me paraissait assez intéressant

- Et euh en choisissant ce cette séance sur l'électrostatique là, euh avec quelle classe, quel niveau vous prépariez ça ?

- Ben c'est au programme de première je sais

- Hum hum

- Donc ça, ça pourrait être sympa. Moi j'ai des secondes là cette année, je pense que ça peut aussi quand même les intéresser euh, même si c'est pas directement dans le programme, en plus c'est quelque chose qu'ils ont tous expérimentée du point de vue

- Rires

- Enfin non, mais c'est vrai, c'est quelque chose de la vie courante quoi, donc je pense que ça peut les intéresser quand même quoi

- D'accord. Alors est-ce que vous pensez que le fait de faire assister les élèves à ce genre de conférences est-ce que ça leur apporte quelque chose de plus par rapport à ce que l'on fait dans l'enseignement classique ? Est-ce que l'on peut s'en passer ? Est-ce que ça paraît indispensable ?

- Moi je pense qu'on peut se passer de beaucoup de choses (rires), mais je pense avoir une diversité d'intervenants de visions des choses, je pense que ça, ça, enfin je trouve que ça fait partie de l'apprentissage des sciences, enfin de n'importe quel apprentissage de toutes façons, d'avoir des points différents ou des, enfin pas des points de vue différents mais des méthodes différentes pour faire passer certaines choses, je pense que la diversité est intéressante de toute façon quoi

- D'accord. Donc là ce qui est intéressant pour vous c'est la différence d'approches sur la façon d'expliquer les différents phénomènes

- Oui

- D'accord. Est-ce que (on parle souvent de la motivation qu'ont les élèves à aller dans ce genre de manifestations) Est-ce que ça vous paraît important là ? Est-ce que ça joue un rôle ? Est-ce que c'est secondaire ? Est-ce que...

- Non ça joue un rôle tout à fait maintenant euh il s'agit pas non plus que la motivation ce soit juste faire une sortie et on s'amuse entre nous et tout ça quoi. Donc euh, je, je sais pas à quel niveau qu'il faudrait cadrer ça, mais euh...

- Est-ce que vous pensez comme certains que le fait d'assister à ce genre de conférence, d'aller au Palais etc. ça suscite l'intérêt, la motivation des élèves pour les sciences ?

- Ben oui je l'espère en tout cas (rires) ben surtout que il y a quand même du matériel qui ne se trouve pas en classe enfin je veux dire c'est des choses quand même qu'ils ne peuvent pas tellement voir ailleurs donc euh

- Est-ce que ça peut permettre par exemple de récupérer certains élèves entre guillemets qui seraient un peu détachés de la discipline ?

- Bon, peut-être oui

- D'accord

- Enfin on éveille rien, on éveille leur curiosité euh oui

- Pour revenir sur, sur la sur la compréhension des différents phénomènes est-ce que quand euh, quand on dit que ça favorise la diversité des approches est-ce que ça peut participer à une meilleure compréhension ?

- Oui (rires)

- Vous avez euh, quelque chose à préciser peut-être non ?

- Je cherche (rires). Je cherche comment préciser ça. Euh je sais pas. Peut-être que si ils vont commencer à construire des concepts des notions d'une certaine façon et de voir que ça se retrouve euh c'est cohérent avec d'autres approches, d'autres phénomènes, ça va renforcer un petit peu ces approches là

- Alors justement en parlant de la cohérence est-ce que vous avez senti entre la structure de l'exposé du conférencier et la structure d'un cours classique, est-ce que justement il y a une cohérence ? Du point de vue de la physique certainement ! C'est plus du point de l'approche...

- Oui oui l'approche. Euh ouais ça part un peu plus ouais. Ça part un peu dans tous les sens quoi dans une conférence il y a pas, il y a beaucoup moins de travail de, j'introduit, je, j'expose des faits et puis on essaie de tirer une conclusion et des points importants à retenir etc. mais ça, ça peut être tout à fait complémentaire au contraire d'un travail en classe, ça peut être un travail qui peut être fait après ou avant

- Est-ce que ça veut dire que le, que le, comment dirais-je, le conférencier et le professeur ont des objectifs différents ?

- Hum ! Est-ce que ça veut dire ça ? Moi je trouve que l'objectif global pour tout le monde c'est que, c'est qui est un intérêt pour euh pour le sujet et pour euh, mais enfin pour le professeur, c'est plus cadré quand même, c'est plus euh, comment dire : c'est plus formel, il y a un certain nombre d'objectifs qui sont plus formels, qui sont liés aux programmes, aux évaluations à des choses comme ça

- D'accord

- qui sont pas les préoccupations du conférencier et tant mieux d'ailleurs

- Quand vous dites ça part dans tous les sens au niveau du conférencier, c'est ça qui m'intéresse

- Ouais d'accord, ben

- Qu'est-ce qui fait la différence finalement enfin quand vous dites ça part dans tous les sens ?

- Ben parce que il y a un plus un foisonnement en fait d'expériences, d'informations de choses comme ça

- Quel est le lien entre cette diversité qu'il présente ?

- Quel est le lien euh ?

- Est-ce que justement, est-ce que justement, il y a toujours un lien très clair entre les différentes parties de l'exposé du conférencier ?

- Pas nécessairement non

- Alors qu'est-ce qui, qu'est-ce qui lie quand même un petit peu, parce que il passe pas du «coq à l'âne » quand même ?

- Non non non, ben le thème abordé oui, les concepts abordés quoi

- D'accord. Dans la forme de son exposé, il y a rien qui vous a frappé, il y a pas quelque chose de particulier à retenir ?

- Ben le fait qu'il fait pas mal intervenir les gens, enfin moi ça m'a plu. Euh, oui c'est assez un petit peu dynamique, foisonnante tout ça, moi, enfin j'ai trouvé ça agréable hein c'est pas du tout des critiques que j'ai...

- Oh non non

- Et bien voilà ! Sinon

- D'accord, au niveau du contenu ça vous a paru, euh au niveau de la physique, tout ça a paru clair euh, est-ce qu'il y a comment dirais-je, les phénomènes ont été bien démontrés dans leur globalité, dans leur particularité. Est-ce qu'il y a autre chose à dire sur le contenu ?

- Euh alors je repense à l'électrostatique à mon avis il y a certaines analogies qui m'ont un petit peu dérangées.

- Du genre ?

- Du genre, pour expliquer euh les histoires de potentiel les choses comme ça, les analogies un petit peu comment dire euh, enfin faire des analogies avec d'autres phénomènes notamment humains quoi, enfin personnaliser un petit peu les électrons, alors je pense pour tout un tas de points ça peut être positif mais faut pas, enfin ça peut être dangereux aussi quoi donc euh

- Donc justement là en fait ça veut dire qu'il aurait, qu'il aurait justement ce conférencier fait euh, des simplifications quelque chose comme ça ?

- Oui mais faire des simplifications, c'est pas, c'est pas forcément un mal quoi je veux dire, on en fait tous, tout le temps

- Bien sûr !

- Mais il y a certaines analogies qu'il faudrait plus cadrer aussi essayer de relativiser

- Est-ce qu'il a la possibilité de le faire ? Est-ce qu'il y a la possibilité de le faire ?

- Ouais c'est peut être pas le lieu

- Je ne sais pas hein ?

- Non c'est peut être pas le lieu C'est peut être un retour à faire

- C'est une question de choix peut-être

- Oui tout à fait

- d'accord. Euh, et justement par rapport à toutes ces simplifications qu'il a pu faire, est-ce qu'elles se justifiaient ? C'est-à-dire est-ce que c'est absolument nécessaire ?

- Oui

- Mais est-ce que celles qu'il a choisi de faire, est-ce que elles se justifiaient systématiquement pour le souvenir que vous en avez ? Est-ce que parfois il aurait pu éviter de faire ces simplifications ?

- Euh je sais pas bien (rires). J'ai pas réfléchi. Je, je sais pas

- Non non, c'est pas grave

- C'est pas, disons c'était bien pratique quand même d'utiliser ces simplifications parce que il y a quelque chose là tout de suite qu'on a, un phénomène qu'on voit, auquel on est confronté on a envie

quand même d'expliquer un petit peu et à ce moment là bien c'est facile de prendre une simplification qu'on a sous la main

- Est-ce qu'il y a pas des risques à simplifier ?

- Si je pense (rires) je pense mais bon. Oui

- D'accord. Euh bon alors on se place dans le contexte d'une sortie avec les élèves euh, est-ce que, est-ce que dans ce qui a été présenté justement là par exemple dans l'électrostatique ou sur ce soit une autre conférence, est-ce que c'était systématiquement accessible pour eux ?

- Hum, ben ça dépend à quel niveau

- Prenons par exemple...

- Par exemple une première S mais j'ai pas vraiment l'habitude de ces élèves là. Euh je pense que globalement oui, c'est quand même assez accessible enfin surtout, c'est surtout que l'idée c'est quand même de se baser sur des choses qu'ils voient quoi, sur des manipulations qu'on leur montre et ensuite de se poser des questions dessus, donc...

- Mais est-ce que auriez été capable vous à priori, d'identifier ce qui dans l'exposé peut poser problème aux élèves ?

- Euh...

- Parce qu'il faut pas se leurrer, il y a forcément un moment où un autre des choses qui vont poser problème, enfin on peut le supposer ?

- Oui oui. Euh bah de mémoire comme ça, non j'ai du mal à...

- Je ne demande pas forcément des points particuliers hein, je demande si effectivement il y a un vague souvenir de ça, disant ah tiens ça certainement, ça va poser problème aux élèves. Non ça ne vous est pas venu à l'esprit au moment de la conférence ?

- Ben c'est sur l'histoire d'analogie oui mais...

- Non

- Non sinon pas sur l'électrostatique en particulier euh...

- D'accord, mais finalement, on peut dire dans une conférence comme celle-ci, est-ce que l'essentiel c'est que les élèves aient tout compris, aient tout retenu ?

- Non

- Alors c'est quoi l'essentiel ?

- (Rires). Ben, c'est que je vais en revenir toujours aux mêmes choses, c'est qu'ils aient une ouverture sur d'autres phénomènes, peut-être sur une curiosité, sur des choses comme ça quoi...

- D'accord là on se place sur un premier objectif, un objectif de motivations, de curiosité, d'intérêts etc.

- Ouais, ouais

- Si on place sur un objectif d'abord vis à vis de votre enseignement

- Hum

- Euh, qu'est-ce qui est essentiel et qu'est-ce qui ne l'est pas ?

- Euh

- Qui décide de ce qui est essentiel ?

- (Rires) qui décide de ce qui est essentiel ? Le programme officiel (rires)

- Et ben oui évidemment mais en même temps, en gros il y a trois protagonistes soit le conférencier, soit les élèves, soit vous. Qui va décider de ce qu'il y aura à retenir finalement lorsque...

- Ben l'enseignant

-L'enseignant ?

- Oui

- Alors comment faire pour que, pour que, comment dirais-je la conférence soit profitable finalement aux élèves ?

- Ben alors j'ai un peu réfléchi à cette question à partir du 1^{er} questionnaire notamment, et moi je me suis rendue compte d'une chose enfin moi, d'un point de vue personnel, la conférence qui m'a le plus intéressée, c'est celle sur la mécanique

- Hum hum

- Parce que je me suis rendue compte que c'était en résonance avec pas mal de questions que je m'étais posée etc. de m'être posé des questions avant

- Hum hum

- D'avoir réfléchi un peu sur le sujet sans forcément avoir pris conscience de où était le problème, euh du coup quand le fait de participer à la conférence euh, enfin j'étais beaucoup plus active en fait beaucoup plus présente donc euh donc je pense qu'il y a forcément un moyen d'amener un questionnement avant d'aller à la conférence, pas forcément euh, je sais pas sous quelle forme en fait peut-être en classe, c'est peut-être sous forme d'un questionnaire, peut-être, je sais pas mais que les élèves soient déjà un petit peu mobilisés avant en fait

- D'accord. Donc là c'est une phase de préparation, de mobilisation ?

- Ouais

- Mais ce qui m'intéresse aussi, c'est de savoir euh comment on peut envisager la séance elle-même

- Oui

- Est-ce que...

- Ouais

- Au moment de la conférence si euh effectivement tout n'est pas essentiel

- Hum hum

- Comment on peut déterminer ce qui est essentiel ou pas et comment le faire savoir aux élèves ?

- Au cours de la séance quoi ? (rires). Au cours de la séance je ne vois pas très bien

- Peut-être qu'il y a...

- Peut-être sur un retour après, après la conférence j'ai plus d'idées mais disons que moi dans ma tête pendant la conférence, l'idée c'était vraiment de laisser la main au conférencier quoi mais

- Ah oui oui. Tout a fait. C'est pas mon propos, c'est pas d'intervenir pendant la conférence, l'intervention peut se faire en amont effectivement comme vous le proposiez, simplement euh c'est : est-ce qu'il y a pas un moyen de guider les élèves ?

- Hum

- Pour que justement ils se concentrent sur les concepts que vous avez déterminés avant ?

- Déterminé avant. Ben à ce moment là, ce serait de leur donner un questionnaire

- Par exemple

- Qu'ils remplissent pendant la conférence hein, dans mon idée enfin ce à quoi j'avais pensé, c'était plus un questionnaire ouvert en fait sans déterminer avant, euh la conférence qu'est-ce qui allait être important. D'essayer de leur demander pour eux, qu'est-ce qui avait été important, euh d'essayer peut-être de voir un point, d'essayer de trouver des questions par exemple sur des choses qu'ils auraient pas compris, ramasser ces questionnaires et puis se faire quelque chose en classe après, reprendre les points que, qui eux leurs ont semblé importants, dire quels points qui m'ont semblés importants à moi et puis revenir éventuellement sur les questions notamment celle qui vont dans le sens de ma problématique

- D'accord, ok

- Mais c'est vrai que ça peut être intéressant aussi de faire un questionnaire plus précis. Ce qui a, c'est que si c'est un questionnaire trop cadré, j'ai peur que, leur seul intérêt ce serait de répondre à la question comme il faut, et puis perdre un peu aussi l'esprit de...

- Ben alors justement c'est ce qui m'intéresse parce que euh il y a dans les questionnaires que j'ai vu là, euh ce qui ressort assez régulièrement, je sais pas si c'était votre cas, mais j'ai l'impression qu'il y a comme une incompatibilité entre le fait de préparer

- Hum hum

- La séance avec les élèves avant d'y aller

- Oui

- Et euh les faits motivant que ça peut avoir... comme si euh on allait gâcher le plaisir. Qu'est-ce que vous en pensez ?

- Ben non par moment l'expérience justement avec la mécanique c'est qu'au contraire pour moi ça a plutôt accrue de plaisir enfin que ça soit en correspondance avec des questions que je me posais

- Hum hum. D'accord

- Mais bon

- Donc c'est pas forcément incompatible ?

- Non non

- Le fait de préparer ça ne va pas forcément gâcher le plaisir ?

- Non

- Justement, il y en a qui disent aussi que l'essentiel c'est de laisser une certaine liberté de pas trop cadrer le travail au moment d'assister à la visite du palais

- Hum hum

- Justement pour donner cette part autonomie de découverte etc., est-ce que ça aussi ça paraît incompatible ? Parce que est-ce que, si on cadre un peu les recherches des élèves même en supposant qu'on les laisse promener dans le palais

- Hum hum

Est-ce que si on les cadre, ça va être un peu facile, ça va les remettre dans la structure scolaire etc. ? Est-ce que c'est gênant ? De votre point de vue ?

- Ben pas nécessairement je pense que si, enfin ça peut leur permettre aussi de se poser vraiment des questions quand ils voient quelque chose même en visite libre on peut aussi leur demander de choisir une démonstration quelque chose n'importe quoi et de, enfin et d'essayer d'en tirer des choses ou... pour le présenter aux autres comme je sais pas quoi enfin je sais qu'il y a des moyens de cadrer mais de faire, de faire, ben essayer de les pousser à se poser des questions et pas voir ça passivement quoi, de les rendre un peu actifs par rapport à la découverte de ces choses là. C'est peut-être un moyen intermédiaire pour qu'ils aient quand même une certaine autonomie, une certaine liberté, une certaine je sais pas, enfin un peu de plaisir quoi (rires) j'espère que ça y est de toute façon et en même temps d'avoir quelque chose un peu plus cadrée, je sais pas

- D'accord. Euh bon alors sinon, euh bon la majorité des stagiaires là qui ont répondu disent que il est indispensable de faire une exploitation donc après cette visite. Bon vous avez l'air d'accord avec ça ?

- Oui

- Euh quelle forme, quelle forme doit prendre cette exploitation ? Qu'est-ce qu'on va exploiter finalement ?

- Là, donc moi ce que j'avais imaginé donc pour l'instant c'était justement d'essayer de demander aux élèves quels points les avaient marqués

- Ce qu'ils ont compris ? Ce qu'ils ont retenu ? Les points qui leur auront semblé pertinents (je lis les réponses sur le questionnaire)

- Voilà

- et qui ne soient pas nécessairement les mêmes que l'enseignant

- Oui on y revient. C'est ce dont on a parlé un petit peu tout à l'heure. Après c'est peut être à moi aussi de me recadrer dans la mesure où ça peut éventuellement être un recueil d'informations qui peut être écrit et que moi je peux récupérer après ce recueil d'informations je peux lui donner l'orientation que j'ai choisie quoi mais...

- Mais si on revient sur la phase de préparation, on a dit, que ce qui peut être intéressant c'est de sélectionner Avant déjà

- Hum hum

- ce qui nous semble essentiel

- Oui

- Donc supposons que les élèves aient un retour, bon certainement il va y avoir certains élèves qui vont revenir sur des points essentiels et puis d'autres qui vont revenir sur des points plus annexes

- Oui

- Euh qu'est-ce qu'on en ferait, comment on réagirait ?

- Sur des points plus annexes ?

- Par exemple hors programme ?

- Oui oui oui. Ben c'est difficile à dire parce que moi je trouve intéressant qu'il ait aussi des questions sur les points annexes

- Alors ça veut dire que...

- Mais au point de vue pratique quoi

- Là dans votre esprit ça veut dire qu'il ne faut pas les mettre de côté ? Il ne faut pas les ignorer ?

- Non

- Donc ça veut dire qu'il faudrait quand même revenir dessus ?

- Ben ce serait intéressant

- Est-ce qu'il faut revenir dessus de la même façon que sur les points essentiels c'est-à-dire...

- Non je ne pense pas, parce que il faut aussi que ça soit clair pour les élèves de... enfin de baliser aussi les objectifs, les, enfin que moi je balise en calculant les points qui sont essentiels

- Les points essentiels, c'est quoi ? C'est ceux qui sont liés aux enseignements, c'est ça ?

- Oui, on va dire ça ouais.

- D'accord

- Mais alors après comment revenir sur les points pas essentiels, je sais pas

- Ça, on peut l'imaginer hein. D'accord

- Et je, enfin moi ça me semblerait enfin qu'ils posent des questions, enfin qu'ils trouvent des questions. Moi j'ai beaucoup de mal en ce moment à leur faire poser des questions sur ce qu'ils n'ont pas compris et le fait de formuler une question je trouve que c'est enfin quelque chose de pas évident, ça serait se questionner sur euh, sur ...

- D'une façon générale mais d'autant plus dans ce genre de conférence qu'est-ce qui peut amener un élève à poser une question ?

- Ben quelque chose qu'il n'aurait pas retenu, qui serait en contradiction avec...

- Est-ce qu'il faut pas qu'il arrive à l'identifier

- Ouais si bien sûr ouais ouais tout à fait. C'est pour ça que je trouve que c'est un travail en soi de poser une question, d'identifier une question

- Parce que déjà de votre côté vous m'avez dit tout à l'heure que vous-même, vous n'étiez pas sûre de pouvoir relever ce que les élèves ne vont pas comprendre à l'avance

- Hum hum

- Donc, est-ce que l'élève lui-même va être capable de dire ça j'ai compris ça, j'ai pas compris ?

- Oui je suis d'accord que c'est difficile oui

- Est-ce que ce n'est pas là, dans la phase de préparation que il faudrait travailler là dessus ?

-Oui, oui. Oui oui, sûrement ouais ça doit être possible de faire des, ben un questionnaire à ce moment là, pas lié, enfin lié à la conférence mais pas pour préparer à la conférence, mais pour que moi je puisse identifier quels peuvent être les,

- Par exemple...

- Moi et eux d'ailleurs quels peuvent être les points sensibles quoi

- Hum, hum. C'est un point intéressant. Euh, alors bon pour terminer mis à part les détails techniques d'organisation parce que ça c'est une réalité, qu'est-ce qui vous paraît un obstacle à l'organisation d'une sortie comme celle-ci ?

- Un obstacle je sais pas peut être le comportement des élèves enfin pas un obstacle je veux dire quelque chose à gérer quoi

- La discipline quoi

- Ouais voilà quoi, la discipline parce que

- Ok

- Oui

- Mise à part ça

- Ouais, mise à part ça je sais pas

- On a souvent évoqué le temps. C'est-à-dire que le temps qu'on va consacrer, c'est à dire déjà au point de vue de l'enseignant parce je pense que c'est un investissement personnel important pour la préparation etc.

- oui oui d'accord

- qui vient en plus du travail fait habituellement, mais aussi le temps que ça va prendre sur les heures de cours

- Ben je, enfin je me trompe peut-être mais en fait moi j'ai le vendredi après midi j'ai les élèves en TP et qui sont couplés avec les équipes de SVT et je pense que ça doit être possible enfin toute en une période de l'année il y a des TP qui sont pas forcément

- D'accord donc là ça veut dire qu'on peut consacrer une demi-journée pour aller au palais

- Voilà c'est ça

- c'est pas un obstacle ?

- Je pense pas trop

- Maintenant ce que je dis, c'est dans la globalité c'est à dire que si on fait d'abord une préparation ensuite de faire encore une exploitation

- Hum hum ouais

- Est-ce que c'est un vrai problème ? Je pose la question parce que c'est souvent un argument...

- Ben c'est une question de choix quoi après en seconde on a aussi la chance d'avoir des heures qui soient un peu modulables enfin il y a un certain nombre d'heures qui est

- En fait ça sera un problème à partir de... à quelle condition ça devient un problème en fait ?

- Rires

- A quelle condition ça devient un problème ? C'est à dire supposons que j'y consacre une heure avant

- Oui

- Une après midi pour sortir au palais et encore 2 heures sur l'exploitation. Est-ce que j'ai perdu mon temps ?

- Pas nécessairement

- C'est le pas nécessairement qui m'intéresse...

- Ouais, ouais, ouais

- Quand je dis est-ce que j'ai pas perdu mon temps, c'est par rapport au programme

- Hum hum oui

- J'ai un programme à boucler, est-ce que j'ai perdu mon temps ?

- Hum

- Parce que si vous en parlez avec des collègues ils vous donneraient souvent cet argument...

- Ouais ouais sûrement je sais pas si on se place du point de vue motivation les élèves de la classe et tout ça, pas forcément une perte de temps quoi, je veux dire

- D'un point de vue du programme lui-même ?

- D'un point de vue du programme en lui-même pour un élève ben, je sais pas

- Ça ne dépend pas des objectifs que vous vous êtes fixés tout à l'heure ? Si ce que vous avez travaillé pendant la conférence c'est en lien avec le programme...

- si c'est en lien avec le programme, oui, non je vois pas pourquoi....

- C'est pas forcément une perte de temps ?

- oui

- mais il faut que ça le soit en lien avec le programme ?

- Rires

- Bon une dernière question euh, certains stagiaires là, ont évoqués l'idée d'une formation à la préparation, à la conduite d'un projet comme celui-ci

- Ouais

- Alors on imagine que vous êtes à l'IUFM et on vous propose effectivement de faire une formation enfin de consacrer un certain nombre d'heures à savoir comment je vais organiser ma séance comment je vais l'exploiter, ce que je vais demander aux élèves, comment je vais l'intégrer à mon programme?, est-ce que ça paraît intéressant ou est-ce que ça paraît inutile ?

- Non ça me paraît plutôt intéressant enfin pour creuser les points qu'on vient d'aborder quoi, c'est pas

- Déjà quand on fait ce questionnaire, ça vous semble intéressant

- Ouais tout à fait ouais

- Bon merci

- Rires. J'essaie de vous envoyer le questionnaire n°1

- J'en aurai besoin pour la séance en novembre

- Ah oui pour la rentrée là

ENTRETIEN N°2

Oui donc je disais euh dans un premier temps hum pensez-vous qu'il soit naturel d'amener les élèves au palais de la découverte et de leur faire assister à ce genre de conférence ? Est-ce que ça paraît naturel, est-ce que c'est une bonne idée, elle vous séduit pourquoi ?

Ben moi je pense que oui

Hum hum

Naturel, je sais pas si le mot est juste

Je dirais pour un enseignant, je veux dire par là, est-ce que c'est spontané ?

Ben est-ce que c'est spontané, ça je sais pas, parce qu'il faut l'organiser, mais je dirais que euh moi ça me paraît bien, ça me paraît bien, d'amener des élèves euh, à venir voir ça

Qu'est-ce qui vous paraît bien ?

Je pense que c'est assez frappant, c'est assez frappant de voir réellement ce qu'est... là je sais pas par exemple le discours sur l'électrostatique, je pense que c'est assez frappant de voir...

Qu'est-ce qui a de plus par rapport à un cours ?

Qu'est-ce qui a de plus par rapport au cours ?

Complémentaire, je sais pas ?

Ben je dirais que c'est, bon je sais je sais pas moi, moi je suis en physique appliquée, faire des expériences d'électrostatique telles qu'on a vu, on aurait du mal quand même à le faire en cours

Pourquoi ? Question de matériel ?

Oui question de matériel et puis question de puissance aussi

Hum hum. Enfin le fait que ce soit plus puissant, et qui est plus de matériel, qu'est-ce que ça change finalement ?

Ben c'est plus parlant

C'est plus parlant ?

Oui je pense que les élèves ont besoin de ressentir la chose, quand ils voient des éclairs, quand ils entendent le son de l'éclair la puissance c'est quand même quelque chose de frappant, ça les frappe

Donc le côté spectaculaire ?

Il y a le côté spectaculaire, il y a le côté dangereux aussi, c'est dangereux pourtant on voit le gars qui manipule, donc il y a, il y a le côté humour aussi, se confronter avec humour à la chose

Hum hum. Bon d'accord. Parmi les conférences sur lesquelles vous avez assisté là euh, si vous aviez à emmener vos élèves au palais là, laquelle vous auriez choisie ? Pourquoi ?

Alors moi je suis en physique appliquée donc j'aurais pas choisi la chimie bien que j'ai trouvé ça, très intéressant. Mais bon ben j'ai pas une classe qui fait de la chimie donc euh je les aurais amené à l'électrostatique et au magnétisme

D'accord.

Voir la soucoupe qui s'envole, voir euh le, la spire là sur le pic qui rebondit etc., bon ben c'était clair que j'aurai, bon j'ai une classe qui fait de l'optique aussi, donc si j'avais à organiser ça, d'ailleurs j'y pense, j'aimerais bien les emmener, ce qu'il faudrait c'est qu'ils aient, qu'ils voient au moins trois sujets, un sur le magnétisme, un sur l'électromagnétisme et puis un sur l'optique. Moi je ne fais pas de l'optique avec eux, mais il faudrait que je m'arrange avec le prof qui fait de l'optique pour euh qu'on y aille l'ensemble...

Donc ça veut dire que, ça veut dire que rattacher concrètement le contenu des conférences auxquelles vous voulez assister avec le contenu des programmes que vous faites ?

Ben oui oui

C'est indispensable pour vous ?

Ben ça dépend dans quelle optique j'y vais. J'y suis retourné euh deux fois au Palais de la Découverte avec ma femme et mon gosse, c'était pas évident parce que la gamine a deux mois euh, j'ai pas vu tout ce que je voulais voir, bon il y a des choses que j'ai été revoir pour bien les maîtriser pour justement emmener les élèves le voir eux aussi, mais il y a des choses que je veux voir aussi à côté qui sont plus pour moi quoi

Et qu'est que les élèves ne peuvent pas se placer eux aussi dans une démarche comme celle-ci ?

Ben si

Car en dehors de ce que veut le prof, est-ce que eux ils peuvent être intéressés ou pas ?

Moi je suis d'accord mais il faut du temps. Je dirais que je suis d'autant plus d'accord s'ils avaient le pouvoir de se réorienter, ils sont déjà en première mais pour des classes telles que peut être la seconde où ils ont la capacité de s'orienter après, oui je, c'est clair qu'en seconde il faudrait mieux les amener en seconde plutôt qu'en première, parce qu'en première ils se sont déjà orientés, bon c'est peut être pas perdu

Mais est-ce que, est-ce que forcément euh l'objectif c'est de créer un intérêt où je ne sais quoi dans l'orientation ?

Pas seulement non, bon si ils y vont, moi je pense que l'intérêt déjà c'est qu'ils y aillent par plaisir, qu'ils prennent du plaisir, qu'ils prennent du plaisir déjà à... du plaisir pour la science mais surtout du plaisir pour la démarche scientifique, c'est-à-dire, qu'on peut arriver euh à expliquer les choses de façon euh, de façon simple et avec humour. Déjà qu'ils voient, qu'ils voient non pas la science comme une discipline froide et dure, mais quelque chose de plus amusant quoi, de plus ...

Alors justement qu'est-ce que ça rapporte de plus par rapport au cours?

Mais en fait.... Qu'est-ce que ça apporte de plus par rapport au cours ?

Le fait qu'ils aient assistés à la conférence bon... Qu'ils aient vu certaines manip spectaculaires avec beaucoup d'humour, qu'est-ce que ça aura apporté de plus par rapport à votre enseignement ?

Ben je sais pas, moi ça m'a apporté, je vois pas pourquoi ça ne leur apporterait pas.

Hum hum

Moi ça m'a apporté euh...

Mais euh, parce que la question en fait, c'est ça peut apporter quelque chose, mais quoi ? C'est, tout le problème est là en fait

Plus de réalisme, plus de...

On les...

Ils ont besoin de euh, au niveau du cerveau, on fonctionne un peu avec des images, il faut arriver, je sais, moi je suis dans l'électricité

Hum hum

Un électron on le voit pas, pourtant il faut bien l'imaginer pour arriver à se faire des modèles

Donc là vous pensez que les conférences vont participer à la construction de l'abstraction et de la modélisation ?

Ouais, je pense ouais un peu

Pourquoi pas. On parle souvent du, surtout du, enfin à propos des principes évoqués, l'apport souvent c'est la motivation, l'intérêt, est-ce que le fait de les amener régulièrement à ce genre de conférence, ça peut provoquer effectivement une motivation plus grande ?

Moi je pense que ça peut amener une motivation à ne pas considérer le monde comme euh, leur enlever un petit peu cette croyance euh, les fausses croyances, la croyance de la magie etc., euh leur montrer que des choses qui nous paraissent incroyables peuvent euh

S'expliquent scientifiquement ?

Ben s'expliquent mais peuvent devenir évidentes c'est ça que je veux dire, peuvent être frappantes et devenir évidentes c'est-à-dire une chose qui nous a parue peut être complètement incompréhensible, on l'admet un point c'est tout, ça peut devenir quelque chose de tangible et d'évident et même de simple

Donc ça veut dire que la on se place dans le cadre de...

C'est à dire leur donner quelque part euh, l'espoir qu'ils peuvent y arriver, que c'est pas si difficile que ça qu'il suffit un peu de... parce que le cours c'est très théorique en général, on arrive à montrer des choses mais ça manque de réalisme, alors que le fait de voir je pense que...

Enfin en dehors du côté spectaculaire on montre aussi en classe, c'est vrai qu'il n'est pas forcément théorique le cours il peut être aussi très expérimental même si on est moins spectaculaire on est bien d'accord, et donc le cours n'est pas forcément hyper théorique, donc en fait là, la différence se situe sur le côté spectaculaire on en a parlé, maintenant effectivement il peut y avoir un phénomène de motivation, est-ce que il peut y avoir aussi un apport en terme de compréhension ? C'est à dire est-ce que euh ce que vous avez expliqué en classe ou ce que vous expliquerez peut être soutenu parce que va dire le conférencier ?

Pour certains oui, pour certains je pense qu'ils vont comprendre les choses, d'autres ils vont avoir la confirmation que ce qu'ils ont appris c'est du solide

D'accord

Ça dépendra des gens ça confirmera les choses qui étaient un peu enterrées dans leur tête et

Ok ! Euh qu'est-ce que vous avez pensé de la qualité globale de l'exposé ? Alors on va reprendre un un des trois, peut importe

Ouais. Euh je sais pas, par exemple celui sur euh l'électrostatique la qualité globale, c'est c'est c'était pas évident à dire mais

Sur la forme déjà ?

Sur la forme ?

La structure ?

Est-ce que s'était cohérent ? Est-ce que c'était cohérent ? Oui, oui. Il y a que peut être le terme électrostatique ou statique qui à mon avis risquerait d'embrouiller beaucoup. Euh c'est loin d'être aussi simple euh parce qu'on voit un éclair donc les électrons sont bien en mouvement c'est plus statique c'est euh bon

Là la c'est déjà une définition légale on va dire, entre guillemets, donc à partir de là, on peut se poser la question de savoir si la définition légale, enfin le terme de légale ?

Peut être que c'est plus pratique (rires), euh

Ouais. Euh ce qui m'intéresse toujours sur la forme c'est : est-ce que enfin qu'est-ce qui fait la différence finalement dans la forme entre le cours d'un enseignant et l'exposé d'un conférencier ?

Ben il y en a pas.

Il y en a pas ? Ils font la même chose ?

Ben ils le font mieux parce c'est, ils le font plus souvent.

Hum hum

Ils le font même peut être tous les jours, enfin je sais pas pour certains

Le prof aussi il le fait tous les jours...

Ah oui mais il fait pas le même cours

Ouais

Un conférencier dans un, au palais de la découverte, il le connaît bien quoi il le refait, il le refait, c'est... alors que nous dans une année on fait, on change notre cours

Hum hum.

Je dirai c'est la grosse différence mais après au niveau de la méthode je pense qu'elle devait être la même c'est clair

Est-ce qu'ils ont les mêmes objectifs ?

Au palais de la découverte ?

Le conférencier, le professeur, est-ce qu'ils ont les mêmes objectifs à la fin d'une heure passée avec eux ?

Je dirais qu'ils ont... le professeur a l'objectif du conférencier, mais il y en a un en plus contrairement au conférencier qui lui est avant tout d'épater par le spectacle

D'accord

Le professeur, bon il doit utiliser ça c'est un objectif

Hum hum

Mais il y a un deuxième objectif c'est pour lequel on a épâté mais après il faut maîtriser

Donc en fait lui le conférencier son problème c'est pas que les élèves maîtrisent alors ?

Non, non je ne pense pas

D'accord, euh hum, est-ce que quand il fait son exposé le conférencier, vous m'avez parlé d'une certaine cohérence, est-ce que tous les liens, tous les enchaînements sont clairs entre les différentes parties de l'exposé, est-ce qu'ils vous ont paru limpides, qu'est-ce qu'il y a à dire là dessus ? (Silence) Est-ce qu'on arrive à avoir un fil conducteur sur tout l'exposé ?

Il faut que je me remette dedans c'est pas évident, euh oui je pense quand même oui, oui ça se suit, oui ça se suit bien quand même

Sur les trois ?

Euh il avait quoi ? Il y avait euh sur la mécanique, sur la mécanique, sur la mécanique oui ça se suivait bien puisque l'objectif c'était de montrer que la force de Coriolis et que la force centrifuge n'existaient pas, donc pendant tout le long ça c'est bien suivi et c'est vrai que le fil conducteur c'était ça. Sur la chimie, c'était moins évident le fil conducteur je pense. C'était de la thermo, bon il a bien expliqué ce qu'était la chaleur, ce qu'était la température

Hum hum

Euh mais au bout du compte à quoi on voulait en venir euh... je sais même plus

D'accord

Je sais pas réellement si il y a un fil conducteur bien défini pour la thermo

Est-ce que pendant l'exposé il vous a semblé que le conférencier faisait des simplifications ?

Oui, c'est essentiel

Est-ce que

Oui, oui, ben oui

On en fait tous ?

Ben...

Alors la question c'est, est-ce qu'elles vous ont paru systématiquement justifiées ? Est-ce qu'on aurait pu se passer de ces simplifications ?

Oui il y en a une en électrostatique, qui m'a un peu.... une simplification à laquelle je ne suis pas d'accord : il dit que l'électrostatique c'est des, c'est des euh, comment il a dit ça ? Il a fait le rapprochement, bien que non c'est pas vrai parce que là je suis en train de confondre, j'y suis retourné au palais de la découverte c'était pas le même gars, euh lui, celui qu'on a vu en classe, n'a pas parlé, n'a pas parlé du courant du secteur de chez nous, et c'est d'ailleurs c'est peut être, c'était peut être un peu gênant parce que si on ne parle, si on ne dit pas que l'électricité chez nous est dangereuse, vue l'expérience qu'on voit sur l'électrotechnique ça peut nous faire croire que l'électricité n'est pas du tout dangereuse. C'est même trompeur, bon l'autre conférencier que j'ai vu ensuite a bien expliqué qu'en effet c'était dangereux mais par contre lui euh a mal défini ce qui était l'électrocinétique, il a dit que l'électrocinétique c'était un courant variable alors que nous un courant continu, c'est aussi de l'électrocinétique

D'accord. Bon oui c'est aussi une simplification ou c'est plutôt une erreur de langage en fait ?

Pour moi c'est une erreur de langage pas une simplification

D'accord

Bon le but pour lui c'était de montrer qu'il fallait pas faire ce qu'il avait fait avec l'électricité. Il a simplifié parce que, il a simplifié parce que le but c'était Attention...

Bien sûr

C'était que les gamins n'aillent pas jouer avec ça, mais il y avait un abus de langage

Ok. Est-ce que si on se place dans le contexte d'une sortie avec les élèves là euh est-ce que vous pensez que tous ce qui a été présenté par le conférencier était accessible aux élèves ?

Tout, je ne pense pas

Est-ce que vous pouvez l'identifier justement ? Vous voyez, peut être pas maintenant c'est un peu loin, est-ce que vous auriez pu au moment vous avez assisté à la conférence, est-ce que vous auriez pu identifier tous ce qui aurait pu leur poser problème ?

Ben, il y a beaucoup de choses en fait (rires) il y a beaucoup plus de choses que qu'on pense. Mais bon je sais pas si ils doivent tout comprendre non plus dès le début

Ma question c'est : est-ce que c'est l'objectif ?

Non non parce que justement le but c'est avant tout qu'ils soient marqués

Hum hum

Mais vu qu'ils seront marqués, je pense que ça leur restera après, il leur restera des images au fur et à mesure ces images leur reviendront au fur et à mesure du cours au fur et à mesure de la compréhension, ils diront ah oui ce que j'ai vu pendant... au Palais de la Découverte en effet ça se, se justifie un peu comme ça

Ouais alors ce qu'on peut mettre en ...

Alors est-ce qu'ils vont se rappeler de tout, ça je sais pas moi mais

C'est surtout par rapport au foisonnement ?

Si ça reste assez marquant euh, ça peuvent rester, faut pas non plus que, que le cours soit trop loin après par rapport

Ouais c'est pas seulement, enfin je pense qu'il y a pas seulement une question de comment dire de distance à la conférence, il y a peut être aussi une question de quantité de choses qui ont été abordées ?

Hum

Et si il y a quantité de points qui n'ont pas été comprise là effectivement en faite on aura un vague souvenir de l'expérience qu'on aura vu mais est-ce qu'on pourra revenir réintégrer euh par rapport à une notion de cours etc. c'est pas gagné, alors est-ce qu'est-ce, ma question c'est finalement alors qu'est-ce qui vous paraît important à vous quand vous allez assister à la conférence ? qu'est-ce qui vous semble important ?

Ben ce qui me semble important c'est qu'ils arrivent à faire la relation entre le cours et ce qu'ils voient

D'accord. Donc ça veut que pour vous l'objectif c'est que les points

Quelque chose d'abstrait, quelque chose de...

Donc il faudrait éliminer en quelque sorte entre guillemets de la conférence ce qui est complètement en dehors du programme ? Eliminer c'est pas le terme, mais je veux dire par là, qu'il faudrait recentrer les élèves sur ce qui est dans le programme ?

Euh, ouais !

Comment ?

Ouais ! Euh ben je pense qu'ils peuvent, qu'ils peuvent faire un questionnaire par exemple

Hum hum

Ils peuvent faire un questionnaire euh

Alors ça suppose quoi déjà ?

Et puis au fur et à mesure qu'ils donnent des réponses par rapport au questionnaire

Donc ils rempliraient ce questionnaire pendant la séance ?

Ah !?

Dilemme

Ou alors un QCM, juste une croix à mettre. Mais être rapide quoi, faut pas qu'ils soient là longtemps sur leur feuille et puis qu'ils regardent pas le conférencier un QCM avec cinq six question euh avec plusieurs solutions et hop !

Donc l'objectif là c'est de les recentrer sur les questions qui sont en lien avec le programme ?

Ouais ouais

D'accord, alors justement certaines réponses que j'ai eues au premier questionnaire là, certains disaient que ça pouvait être incompatible avec l'effet motivant, la curiosité l'intérêt, le fait d'imaginer une préparation avec les élèves

Ils pensent que...

C'est à dire que le fait de les remettre dans un contexte scolaire en organisant la sortie, ça peut être gênant par rapport à cet effet euh on arrive au palais c'est très spectaculaire c'est motivant parce que la science elle prend une toute autre forme... ce qu'on disait au départ...

Eux ils pensent que le fait d'y aller en classe ou d'y aller tout seul, d'y aller avec les parents

Oui mais c'est pas ça. Le fond du problème c'est de savoir si quand il donne du travail aux élèves enfin du travail, toute proportion gardée mais que quand je donne quelque chose à faire aux élèves lors de cette sortie avec la classe je leur gâche un peu le plaisir plutôt que de les laisser libres, est-ce que c'est un véritable obstacle ? Est-ce que faut pas en passer par là ?

Ouais ça peut aussi être un obstacle

Ça dépend de l'objectif qu'on se fixe ?

Ça dépend de l'objectif, ça dépend si, ça dépend en fait du niveau, je pense qu'en seconde oui en effet, ça serait peut être mieux de faire une sortie libre, qu'ils aillent voir ce qui leur plaît

Quel est l'objectif fixé à ce moment là alors ?

Mais bon là c'est difficile à gérer après pour un prof si tous les élèves vont là où ils veulent comment nous on va gérer le cas ?

Mais si on fait une sortie libre au même type qu'on peut faire, qu'ils peuvent faire avec leur parent euh quel, quel est l'objectif pour le prof justement ?

Et ben là si c'est une sortie libre, je dirais que l'objectif c'est que l'élève se fasse réellement plaisir et qu'il aille voir ce qui l'intéresse lui

D'accord.

Ça lui donne peut être une idée de ce qu'il aimerait faire plus tard

Est-ce que tous les élèves sont spontanément intéressés sans qu'on les guide ?

Non, non, ben non. Il y en a même qui seront prêts à sortir et puis aller boire un coup dans un bar je pense (rire)

Ouais d'accord.

Euh c'est pour ça que je pense quand même c'est mieux de les guider et puis d'imposer un programme parce que...

D'accord

Bon le questionnaire je sais pas

Ouais c'est sûr que sur la forme il y a des choses à travailler ça c'est évident. Euh bon la majorité des stagiaires disait que ils pensaient qu'il était intéressant même nécessaire de faire une exploitation après la visite, enfin de réinvestir ça en classe...

Et ben oui il faut en parler quand même

Il faut en parler, alors sur quelle forme ?

Et ben sous quelle forme ? Est-ce que je dois faire un questionnaire ou est-ce qu'on en parle comme ça librement

Mais c'est ça la question

Ouais mais je pense qu'il faut en parler librement

Librement ?

Oui. Leur demander qu'est-ce qui vous a plu ? Qu'est-ce qui vous a marqué ? Qu'est-ce que vous avez appris euh ? Qu'est-ce que vous pensiez euh vrai et que finalement l'expérience vous a montré que ben non c'était pas vraiment comme ça qu'il fallait le voir c'était

Et donc ça veut dire que là le libre questionnement il va porter sur tout qui a été vu lors de la conférence ?

Ouais. Oui on peut faire, on peut au fur et à mesure du questionnement se dire ben bon tiens sur l'électrostatique, qu'est-ce qui vous a plu ? Après on passe sur le magnétisme, après on passe à la mécanique. Euh on peut structurer ça...

Vous disiez tout à l'heure que c'était pas essentiel qu'ils aient tout compris. Donc là c'est pas essentiel qu'ils aient tout compris mais on va quand même tout expliquer ?

Non pas forcément tout. Mais on va expliquer ce qui les a peut être perturbé. Je vais les laisser parler et je vais expliquer uniquement ce qui eux les perturbe

D'accord mais si ce qui les perturbe est complètement en dehors du programme ?

C'est pas grave.

C'est pas grave ?

Je pense qu'on peut être un peu hors du programme si ça les intéresse

D'accord mais euh si vous vous aviez des objectifs par rapport au lien qui il y a entre la conférence et le programme, comment vous gérer ça ?

Ben je pense que forcément il y en a qui, je pense que forcément ça viendra quoi au cours de l'explication...

Et si ça vient pas ?

Si

Rire

Si, si, si (rires)

Vous êtes confiant là quand même ?

Ça a pas forcément un rapport avec le programme... attendez si on va voir un truc sur l'électrostatique, le magnétisme

Hum hum

C'est clair que forcément euh...

Non mais la question c'est si ça vient pas... est-ce que si les élèves n'amènent pas un questionnement sur les questions qui vous intéressent et que vous aimeriez travailler, s'ils s'intéressent finalement à ce que vous pensez secondaire à la conférence. Secondaire en terme du programme toujours. Vous voyez ce que je veux dire ?

Oui. Moi je ne vois pas comment ça peut être secondaire

Ah mais le côté secondaire, c'est vous qui le décidez, car ce qu'on disait dès le départ c'est on a dit que c'est pas essentiel qu'ils aient tout compris

Oui c'est pas essentiel qu'ils aient tout compris mais je pense que c'est essentiel qu'ils aient des réponses sur leurs questions

Tout à fait, tout à fait

Voilà même si hors programme !

Tout à fait

Bon après on voit bien le programme après après on laisse tomber mais au moins les questions qu'ils se posent eux, qu'ils aient euh

D'accord. Alors vous consacriez combien de temps par exemple ?

Ben une heure ça me paraît juste

C'est à dire ... Au moins...

Ben moi ils ont pas le choix, ça serait une heure j'ai pas beaucoup de temps de cours avec eux

Ok. Alors euh mise à part les détails techniques d'organisation là, qu'est-ce qui vous paraît être un obstacle à l'organisation de sortie comme celle-ci ?

Qu'est-ce qui me paraît être un obstacle ?

Hum hum

Euh j'en vois pas

Alors là justement on parlait du temps là

Oui, oui ça c'est un obstacle Oui ça c'est clair

Mais le tout est de savoir après, à quel moment qu'on peut faire ça... le faire avec peut être avec deux, trois classes donc deux trois profs euh sur un après-midi par exemple où ils avaient cours avec leurs élèves

Imaginons qu'on organise ça, qu'il faut déjà - éventuellement hein je sais pas on peut l'évoquer - préparer, ça veut dire éventuellement passer une heure avec les élèves, une demi-heure à discuter de ce qu'ils vont voir ou tester ce qu'ils savent déjà, on pourra imaginer ça, on en a pas parlé là mais on l'a évoqué dans d'autres cas, et ensuite on fait la sortie ça prend une demi-journée et ça prendra les heures correspondantes, vous en reparler pendant une heure, est-ce que vous avez perdu du temps ? Est-ce que vous considérez que vous avez perdu du temps par rapport à votre programme hein ?

On peut pas dire que ça soit perdu. Par rapport à mon programme ?

C'est sûr que si on parle de l'intérêt de la motivation etc. on est d'accord que, qu'on peut en tirer des bénéfices, ça reste à mesurer. Est-ce qu'on peut le mesurer d'ailleurs, c'est difficile mais bon on peut le supposer...

Je pense pas que ça soit perdu. Ça ne sera pas perdu. Bon par rapport au programme, certes j'aurais peut être moins de temps pour exposer tout ce que je dois exposer dans mon programme, mais si ça peut aider certains qui sont un peu euh derrière dans la classe, et que s'ils en viennent à comprendre certaines parties du cours qu'ils avaient pas comprises avant grâce à l'exposé, ben c'est pas perdu

D'accord

Bon on va peut être avancer moins dans le programme, mais si je peux en amener plus finalement

D'accord

A suivre, à suivre le programme et ben

Toujours dans cette idée la...

Et bon ben il est là

Si ce que vous avez décidé de travailler surtout, c'est de recentrer votre questionnement sur les notions abordées dans la conférence qui sont liées avec le programme, est-ce que ça veut dire que vous aurez perdu votre temps par rapport au programme ? Vous aurez peut être consacré trois heures à quelque chose où vous auriez consacré une heure peut être ?

Oui

Mais est-ce qu'on a vraiment perdu du temps par rapport au programme ?

Faut voir si ça apporte quelque chose aux élèves ou pas... (Rires)

ENTRETIEN N° 3

C'est parti ! Alors déjà ma première question c'est de savoir si il vous semble naturel d'amener des élèves euh au Palais de la Découverte pour assister à ce genre de conférence ?

Naturel (rire)

Spontané, est-ce que, est-ce que spontanément vous avez envie de le faire avec les élèves et pourquoi ?

Euh oui mais en faite quand j'en ai vu une je me suis dis tiens... parce qu'en plus ça correspondait un peu au programme de mes élèves

Hum hum

Des choses en plus qu'on va faire bientôt et euh je me suis dis ça oui pour certaines conférences euh...

Mais qu'est-ce qui vous intéresse particulièrement en fait ? Qu'est-ce qui, qu'est-ce qui vous semble intéressant pour les élèves ?

Euh c'est plus le côté... ben là c'est plus le côté spectaculaire de pouvoir faire des expériences que nous on peut pas faire par exemple

D'accord

Que par exemple la même expérience avec la chaleur, avec de l'azote liquide

Hum hum

Et on pas d'azote liquide au collège

Ouais

C'est plus ce côté là, parce qu'après, ce que je sais pas c'est est-ce que, si on emmène des élèves, est-ce qu'on peut demander que la conférence soit un peu plus adaptée au niveau, ça, je ne sais pas (rire). Présentée comme c'était, il parlait très vite

Hum hum

Donc euh, je pense pas que les élèves auraient eu.... même si on avait peut être bossé le cours avant, je sais pas si ils auraient compris grand chose

Bon on va y revenir

D'accord. Si vous aviez euh à choisir une conférence là parmi les trois que vous avez vues, laquelle vous aurez choisi pour emmener vos élèves

Ben c'est ce que je dis la... c'est sur la chaleur

Les expériences –180, c'est ça ?

Pas que ça, mais il y avait aussi l'azote...l'ébullition

D'accord. Et puis pourquoi celle-là ?

Mais moi c'est par rapport à mes élèves que j'ai actuellement. C'est la seule qui correspond, qui peut correspondre un peu à ce qu'ils font

Donc parce qu'elle est en lien avec le programme ?

Ouais. Pour moi ouais

D'accord. Donc c'est en lien avec le programme, et est-ce que ça vous semble adapté au niveau ?

Alors si on peut demander un peu des modifications

D'accord

Il y a quand même, si il y a quand même pas mal de choses

Ok, on va y revenir. Euh, pensez-vous que... ce que les élèves vont voir pendant la conférence ça va apporter quelque chose par rapport à ce que vous faites en classe ?

Hum, par rapport à ce qu'ils doivent savoir par exemple pour le programme

Pas seulement, d'une façon générale, est-ce que ça rapporte quelque chose ?

Ben oui. Parce que déjà, ben déjà la façon dont s'est présenté, moi je ne présente pas pareil. Donc déjà par rapport à ça doit être une autre façon aussi. De toute façon à partir du moment que c'est déjà quelque d'autre qui va le faire et en plus c'est quelqu'un qui a l'habitude de le faire, qui a dû se poser la question comment il faut faire pour intéresser les gens, donc euh...

Donc là c'est une approche différente ?

Déjà par rapport à ça, c'est une approche est différente, ils sont pas dans la même situation donc ils vont être tous assis un peu comme un spectacle ou euh, donc là il va présenter différemment. C'est disposer différemment parce qu'en faite c'est beaucoup plus grand, il a un grand bureau, il a plein de... pas d'appareils mais....

D'accord, mais qu'est-ce que vont gagner les élèves en faite ?

Ah qu'est-ce qu'ils vont gagner ? (rires) ben pouf ! ben là c'est vu que c'est des 5^{ème}, donc ils ont pas... le seul truc c'est que ça puisse un peu plus les intéresser

Donc ça peut apporter plein de la motivation, de la curiosité, des choses comme ça...

Voilà

D'accord. Bon est-ce que ça peut participer aussi à aider à la compréhension ?

Ben comme c'était fait, comme c'est très rapide, euh je sais pas

Donc là le problème pour vous c'est la structure de l'exposé en fait ?

Ouais

Donc trop de contenus, trop rapide ?

Ah oui en ½ heure il y avait beaucoup, beaucoup de notions qui ont été sur la chaleur, il y avait quand même beaucoup de choses, il parlait très vite, c'était très rapide, chaque petite expérience c'était 3, 4 minutes, donc ça s'enchaînait assez vite, bon des fois c'était en relation, mais euh

Et justement...

Bon.... Pour des élèves de 5^{ème}

Justement alors c'était un peu en relation ? Il y a plusieurs choses qui m'intéressent... c'est un peu en relation et euh, vous avez dit qu'il y avait beaucoup de choses. Qu'est-ce qui fait la différence déjà entre la structure du cours d'un prof et la structure de l'exposé du conférencier ?

Ben sur tous les points, j'aurai mis plusieurs séances d'1 heure pour faire tout ce qu'il a fait.

D'accord. Est-ce que c'est lié, est-ce que c'est lié au niveau par une classe de 5^{ème}, 4^{ème}, terminale par exemple, est-ce que c'est lié au niveau ou est-ce que c'est lié euh intrinsèquement à la structure de la conférence quoi ?

Euh, oui toutes les conférences sont faites comme ça je trouve

Toutes les conférences sont faites comme ça, ça veut dire quelque soit le niveau de toute façon ça faudrait dire que un prof de toute façon, il faudrait qu'il reprenne des cours pendant plusieurs morceaux ?

Ah oui !

Oui, d'accord

C'est pas juste une expérience avec euh une idée quoi, il y a pas mal de choses qui

Donc ça veut dire que le prof lui en général s'intéresse à une question et il veut l'illustrer par une expérience ?

Oui. Et là il y avait plusieurs expériences

Qu'est-ce qui fait le conférencier ? C'est quoi son objectif finalement alors ?

Euh, ben ce serait plutôt de faire voir plusieurs expériences mais....

Et quel lien entre ces expériences ?

Ah ben si, il y a toujours un peu un lien, mais là, c'était la chaleur donc c'était le thème

D'accord, c'est une question de thème en faite. Il l'aborde sur un même thème plein d'expériences différentes ?

Voilà

D'accord, ok. Euh on a dit aussi que sur le lien là... est-ce que le lien euh il apparaissait toujours clair ? C'est à dire est-ce que on arrive à suivre un fil conducteur, est-ce que toutes les parties s'enchaînent logiquement à la structure de l'exposé ?

Non j'ai pas (rire)

Vous n'avez pas trouvé ?

C'était un peu (rire)

Ça passe un peu vite fait ?

Oui. Après euh oui

Vous pensez que les élèves le ressentiraient ?

Oui (rire)

Ils vont pas faire le lien entre les différentes expériences, les différentes explications, les différents phénomènes ? J'imagine qu'ils vont voir un même thème...

Si c'était toujours un petit peu l'ébullition, l'azote... si je pense quand même qu'ils vont voir qu'ils y a un lien. Mais après c'est pas euh, c'est pas vraiment une progression euh mais c'est ... je sais pas

D'accord. Euh, est-ce qui vous a semblé que pendant, pendant l'exposé, le conférencier il fait des simplifications importantes ?

Euh, non, c'était pas trop vulgarisé dans le sens où je sais pas

Non ? dans toutes les conférences c'est pareil ?

Euh oui

Ouais. Donc ça veut dire qu'à chaque fois il rentre dans le détail

Ah il rentre dans le détail (rire) pas spécialement. Il a pas parlé de ce qui se passe au niveau microscopique (rire) ou...

Donc à un moment donné il est toujours obligé de simplifier quand même ? On est toujours obligé de s'arrêter à un moment donné dans l'explication ?

Ah oui donc ça veut pas dire simplifier

Peut être ouais, ça peut se discuter ouais

Ça veut pas dire euh ben pour moi, ça veut pas dire des trucs faux pour simplifier en tout cas. C'était quand même rigoureux. C'est pour ça que...

Oui oui j'ai pas, non non, j'ai pas dit que simplifier ça voulait dire forcément dire les choses fausses...

Oui mais souvent quand on simplifie, on donne des images

D'accord bon. Supposons effectivement qu'il ne fasse pas ces simplifications, enfin je sais pas...

Donc là il a pas, il est pas rentré dans le détail il nous l'a dit, c'était pas il avait rien faux, c'était rigoureux, et bon je sais pas

Je ne traque pas les choses fausses hein

Oui oui

C'est pas mon objectif

Oui oui c'est assez simple quand même au début il a quand même parler de d'énergie interne des trucs qu'on voit à la fac quoi...

D'accord.

Je sais pas, en fait moi je ne sais pas du tout les conférences pour qui elles sont faites

Elles sont faites pour...

Pour tout le monde, pour ceux qui veulent

Pour ceux qui veulent

Est-ce qu'il y aurait pas intérêt à, oui à adapter un peu plus euh si on dit on veut faire à tel niveau que tout soit au même niveau ? Parce que là c'était un peu mélangé. Il y avait des choses très simples...

Ça vaudrait dire est-ce qu'on serait capable effectivement de rentrer en lien avec le conférencier et de lui demander d'adapter la séance ? mais ça en fait c'est une question effectivement, ce serait l'idéal quoi...

Hum

Bon dans le contexte actuel. Restons dans le contexte actuel. Si euh, si on effectue une sortie avec les élèves euh, est-ce que donc là on a dit clairement que tout ce qui a été présenté dans la conférence n'était pas forcément accessible ?

Non

Bon. La question : est-ce que vous vous êtes, vous vous sentez capable d'identifier tous les points qu'ils ne vont pas comprendre ?

Avant la conférence euh ?

Non. En supposant que vous l'ayez vue avant

Ah de dire exactement qu'est-ce qu'ils vont comprendre, qu'est-ce qu'ils vont pas comprendre

Est-ce que c'est possible d'identifier comme ça toutes les, toutes les parties euh...

Je pense pas mal quand même ouais

Ouais. D'accord. Et euh, est-ce que vous pourriez dire aussi pourquoi ça va leur poser problème ?

Ben parce qu' il y a du vocabulaire donc...

Question de vocabulaire ?

Et puis donc la, ah euh, et puis la rapidité quoi, ils peuvent pas assimiler euh...

On laisse pas le temps d'assimiler ? D'accord. Euh alors finalement on peut se poser la question, est-ce que euh, est-ce qu'il est nécessaire que les élèves aient tout compris ?

Ah non non je suis d'accord (rires)

Moi je pose la question, je n'affirme pas...

Ah non non je, c'est pas spécialement qu'ils aient tout compris hein

Ouais, donc euh

A la rigueur ça me dérangerait pas si bon, il y a quelques minutes où qu'ils comprennent pas (rire) ça n'a rien à voir

Qu'est-ce qui va être important alors dans ce que va dire le conférencier ?

Alors là, ben là pour la chaleur... si c'est tel quel, je pense qu'il aurait déjà fallu faire un peu de cours dessus

Hum hum

Avoir parler d'ébullition... même bon avoir déjà vu et fait une ou deux expériences qui seront refaites... et je pense déjà ça va, non je pense qu'ils vont plutôt être... en plus la personne qu'on a vu était très dynamique, faisait participer, je crois vraiment qu'ils vont plus le prendre comme un spectacle (rire)

Mais finalement il y aura rien à retenir alors ? Pour vous en tant qu'enseignante, il y aura rien à retenir de ce qui a été fait pendant la conférence ?

Par rapport aux notions euh, est-ce qu'ils sont capables de retenir les notions qui ont été dites pendant la conférence euh....

Il y a certains points je pense qui vont les frapper parce qu'il a amené ça de façon ludique... et un moment il dit je jette de l'eau par terre euh, c'est pas du tout comme ça mais, donc euh vous allez vous dire mais il faut nettoyer parce que il y a de l'eau, il faut pas laisser l'eau, donc il leur a amené le fait que l'eau s'évapore, donc il, il jette carrément de l'eau par terre euh donc ça, c'est assez facile parce que en plus ils ont déjà un petit peu vu donc euh je pense qu'il y a certaines choses qui va les marquer qu'ils vont retenir je pense quand même...

Mais ce qui m'intéresse là sur ces choses qui vont les marquer

Hum hum

Est-ce que c'est forcément les plus importantes ?

Dans le cours ou euh ?

Puisqu'on parlait du lien avec le programme au départ...

Oui euh, ah non ! Par exemple, il y a toute une partie sur l'azote...

Bon alors imaginons que on puisse dire que, que la conférence puisse participer à la compréhension de certains phénomènes. comment vous feriez pour qu'effectivement tout ce qui est présenté - on est bien d'accord qu'ils ne peuvent pas tout comprendre - comment vous feriez pour faire en sorte que, que ben il y a un certain nombre de choses qui apporte quelque chose en termes de compréhension ?

Euh je pense que si c'est plutôt en introduction ça, ils vont voir plein de trucs différents et euh il n'auront pas tout compris donc après si moi je les reprends, je pense que ça va plus les intéresser de, d'essayer de comprendre ce qu'ils ont vu

D'accord

Mais autrement pour répondre à la question, je crois pas qu'ils vont comprendre grand chose en...
Non mais c'est vrai (rires)

Mais si on part de ce point de vue là, on peut se demander à quoi ça sert de les emmener voir ce genre de conférence

Moi pour moi, c'était plus les motiver

Ouais sur la motivation donc en terme de compréhension ça vous semble difficile ?

Ouais a part un ou deux points...

Mais si on arrivait à cibler ces un ou deux points justement ?

Ah oui ça pourrait se faire

Mais comment ?

Mais donc on, en allant moins vite en faisant moins d'expériences
On suppose que le conférencier fait comme ça...

D'accord

Est-ce que nous on ne peut pas amener en tant qu'enseignant les élèves à se concentrer sur ces un ou deux points ?

Ah d'accord. On peut leur poser, leur faire un petit questionnaire avant et leur dire vous ferez bien attention à cette partie là et vous aurez à répondre à telle question, telle question
Par exemple

Oui

Ça vous semble pertinent ?

Oui

Euh et est-ce que, est-ce que ça va suffire pour qu'ils en tirent un bénéfice ?

Mais je pense dans tous les cas la reprise est indispensable

Alors sous quelle forme on fait la reprise ?

Sous quelle forme on fait la reprise ? Après c'est vraiment euh il faut que je me rappelle... ben souvent on a refait un peu l'expérience et réexpliquer... donc refaire un cours quoi qui va avec, qui explique les différentes... parce que il y'a quand même pas mal de partie qui sont vraiment dans le programme qui peuvent être reprises... il y a la variation la température d'ébullition en fonction de la pression...

D'accord. Comment vous allez faire le lien avec la conférence ? Vous allez simplement dire « ah bah tiens ça on l'a vu dans la conférence » ?

Ah pour faire le lien

Parce que si on veut vraiment tirer un bénéfice il faut, il faut peut être quand même faire le lien avec la conférence

Bon ben donc il faut faire un questionnaire avant

Oui ?

Et après on regarde... on met en commun le questionnaire et à partir de là, donc le questionnaire ça sera vraiment donc sur les points que je vais reprendre en cours

Hum hum

C'est peut être juste trois ou quatre questions qui correspondent à une phrase ou ça peut être je sais pas peut être une expérience, ça peut être ça aussi...

Hum hum. Et si, et si les élèves posent des questions sur les points autre que ceux que vous n'avez pas ciblés, qu'est-ce qu'on fait ?

Alors ça dépend... si c'est vraiment trop compliqué (rires). Bon j'explique, j'essaie d'expliquer

Donc ça veut dire qu'il faut quand même pas ignorer ces questions là ?

Ah mais non non (rire)

D'accord. Bon, euh bon, mise à part les détails techniques dans l'organisation d'une sortie comme celle-ci, euh qu'est-ce qui vous paraît être un obstacle pour faire ce genre de projet hein

Ben oui Par rapport à la discipline...

Oui oui c'est ce qui ressort souvent la discipline... la discipline c'est pas forcément facile, bon ça d'accord. Mais euh, en dehors de ça, il y a quelque chose qui revient souvent c'est le problème du temps qu'on va consacrer ?

Ah ça va prendre du temps sur les...

C'est à dire que là dans le contexte dans lequel on était parti là surtout sur lequel on était parti c'est de dire bon ben on va déjà aborder une notion avant d'aller voir la séance

Hum hum

Ensuite on va faire à la sortie

Hum hum

Il va falloir prendre les heures correspondantes ensuite on va réinvestir en classe

Hum

Donc ça veut dire qu'on va y passer au moins une heure

Hum

Donc dans cette idée là ça veut dire qu'on y a déjà consacré un certain nombre d'heures... est-ce que ça vous paraît du temps perdu par rapport à votre programme ? Parce que très souvent si vous allez dans une salle des profs proposer votre projet le prof vous dit ah j'ai pas le temps

Oui oui c'est ça en plus, j'en ai parlé à une collègue quand j'ai fini, quand j'ai vu ça, je me suis dit ah ça va intéresser les élèves de 5^{ème} j'en ai parlé à la prof vendredi après-midi, l'autre elle me fait euh oui mais euh il faut que je rattrape l'heure parce que j'ai pas le temps. C'est pas pour moi, c'est pour les autres parce que ça prend aussi sur les heures des autres et c'est sûr que en 5^{ème} on les a une heure par semaine

Ouais

Une heure par semaine... je dis pas de le faire à chaque fois, mais une fois dans l'année c'est pas (rire)

Mais concrètement est-ce que vous pensez vous pour votre matière, ça c'est sûr que pour les autres c'est différent mais pour vous, est-ce que vraiment vous avez perdu du temps si vous avez consacré admettons quatre heures à faire ce projet ?

Mais je pense pas que ça soit quatre heures (rire)

Ah oui. Si il vous faut une semaine pour préparer, une semaine, vous perdez une heure le jour où vous faites la sortie, vous perdez encore une heure entre guillemets le, le moment où vous faites l'exploitation, vous avez passé trois heures sur cette sortie, est-ce que vous

Hum, je pense pas qu'on perd trois heures puisque, de toute façon ce qu'on a fait avant et après on l'aurait fait c'est vraiment juste la sortie

C'est là où il faut en venir et même la sortie, là en fait

Et même la sortie

C'est que à partir du moment où on en ancré dans le programme ?

Oui de toute façon aborder les notions, de toutes façon il faut voir les notions... alors ça dépend si on le fait en intro ou pas et après c'est juste pour les épater un peu et puis après on réexplique tout après donc là ça fait vraiment perdu sur le temps de la conférence et après ils sont un peu plus motivés ou soit oui on explique plein de choses avant et ça on l'aura fait en cours c'est le cours de toutes façons et après si on veut tout aborder avant je pense la réponse au questionnaire ça ne va pas durée énormément de temps

Oui donc là ça reste une question ouverte à savoir est-ce qu'il faut tout faire avant la sortie ou est-ce qu'il faut faire l'inverse...

Oui ça dépend de la conférence et ça dépend...

Alors justement par rapport à ça, il y a certains stagiaires qui évoquaient la possibilité d'une formation à la préparation pour ce genre de projet

Nous ? Se former ?

Dans le cadre de l'IUFM...

Mais il y a un module

Ouais

C'est science et technologie et c'est comment faire pour faire des sorties oui c'est, il y a un truc hein...

Ouais, et il y a quoi dedans ?

Comment mettre en place un projet de visites au musée, de...

D'accord

En science et technologie

Ok. Donc euh vous pensez dedans il parle de ça là ?

Je sais pas trop (rire)

Mais sinon ça vous semble une idée intéressante ?

Oui parce que, ben après moi je parle pour mes élèves c'est la première année qu'ils font des sciences physiques et ils sont tout content quand ils voient des expériences l'autre jour j'ai fait des expériences c'était vendredi à cinq heures ils sont restés un quart d'heures, vingt minutes, ils étaient trois pour pouvoir faire avec moi des petits trucs.

Hum d'accord

Mais même sans essayer de comprendre. Je pense que ce qu'on nous dit au collège, il faut vraiment essayer d'éveiller leur curiosité après si ils n'ont pas tout compris, c'est pas grave mais au moins d'éveiller leur curiosité
Ça c'est certain (rire)
Et pour moi ça c'est bien...
Mais ça prend du temps sur le programme.... (rires)

Bon ben je vous remercie

ENTRETIEN N° 4

Hum hum. Alors donc ma première question, est-ce que déjà, ça vous semble naturel, spontané d'amener des élèves voir euh une conférence au palais de la découverte... pour un prof hein, pour un prof ?

Euh je pense que c'est bien, ça fait partie de la formation mais faut pas que ça soit juste... je pense que ça soit inscrit dans une démarche et...

Hum hum

Puisque bon il y a un animateur lui je sais pas si il répète la même chose pour tout le monde et alors que nous on essaye d'adapter pour coller à des objectifs qui sont vachement précis quoi et mais d'un autre côté enfin l'animateur il va apporter une connaissance une vulgarisation enfin quelque chose de peut être plus large que ce que nous on voudrait avec nos petits objectifs

D'accord. On va, on va revenir là-dessus. Euh justement là si vous deviez organiser une sortie avec vos élèves là, euh, vous auriez choisi quelle conférence ?

Je pense celle sur l'air liquide euh

Hum. D'accord pourquoi celle-ci ?

Euh parce qu'elle est assez visuelle et c'est quand même des choses qui nous touchent d'assez près parce que il y a des, ben parce que c'est l'oxygène c'est l'air enfin l'azote et puis que l'on voit... il y a des échanges de température (sic).

Par exemple la force centrifuge ça ne vous touche pas de près ça ?

Hum (rire) Ouais si tout me touche de...mais elle, elle est plus difficile à comprendre vers la fin. J'ai trouvé qu'elle était à un niveau, un niveau de conception... parce que le fait que enfin ce qu'il démontre c'est qu'il n'y a pas de force centrifuge avec le principe d'inertie et bon ben le principe d'inertie moi je suis en collège cette année donc euh

Donc finalement ce que vous me dites là, c'est par rapport à ce que vous enseignez ?

Par rapport à ce que j'enseigne

Donc en fait c'est plutôt le choix se ferait, se ferait en liaison, avec un lien avec euh avec le programme ?

Ouais, ouais je pense que le mieux ce serait vraiment de, de responsabiliser les élèves pour qu'ils fassent un compte-rendu enfin pour vraiment qu'après ils soient capables de reformuler ce qu'ils ont vu même si c'est que l'approximatif, même si ils sont pas capables de refaire les expériences, donc euh si ça leur passe, si c'est vraiment trop compliqué ou trop déconnecté, je pense que ça va, bon ça va les amuser ça sera intéressant il y aura rien de perdu mais euh en tant qu'enseignant, je me demande si euh, c'est aussi ma mission quoi

Ben on va revenir sur tout ça. Déjà dans un premier temps euh justement il y aura rien perdu, et qu'est-ce que ça apporte finalement de faire une sortie avec les élèves au palais de la découverte ? Toujours dans la peau de l'enseignant déjà finalement qu'est-ce que ça va apporter à mes élèves de faire ça ? J'organise la sortie qu'est-ce que ça apporte de faire ça ?

Déjà, peut être une nouvelle ouverture, parce que dans la classe c'est toujours à nous enfin le prof contre les élèves

Hum hum

Là c'est une autre personne donc là déjà ça peut que, c'est un peu une bouffée d'air

Hum hum

Je pense qu'après ce qui est sympa, c'est ouais il y a quand même un aspect technique qu'on a pas enfin qu'on a pas en classe, en classe on est davantage, amené à travailler peut être avec des concepts parce qu'on a pas forcément euh des machines à faire des étincelles sous la main alors qu'au palais de la découverte et ben il y a ...

Donc là, c'est le côté spectaculaire qui vous intéresse ?

Ben un peu ouais, mais il me manquerait, enfin pour moi je crois que...

Donc là, il y a vous mettez en balance le côté constructeur et le côté spectaculaire, c'est à dire comme c'est antagoniste ? C'est peut être une réalité, je ne pense pas ?

Non je ne pense pas. Je pense qu'au palais de la découverte on travaille beaucoup sur le spectaculaire l'animateur en est peut être la meilleure preuve et nous on va travailler davantage sur les concepts en situation de cours parce qu'il faut leur faire passer des concepts on peut les faire manipuler c'est moi j'essaie de le faire mais on a pas assez de temps, mais euh, enfin...(j'éteins mon portable)

Euh la question c'est euh

Enfin pour moi c'est pas antagoniste, ça devrait être complémentaire mais sauf qu'en situation de classe on peut pas marquer par des expériences chocs comme il y a au palais de la découverte, et qu'au palais de la découverte on peut pas à mon avis apprendre aussi bien... euh enfin peut être remarque si, mais donc il y a pas c'est quand même très démonstration, il y a pas d'interrogation, il y a pas la recherche, il y a pas la patience... ce qui est nécessaire aussi à la science quoi

Donc ça veut dire que déjà on part du principe que le conférencier et le professeur ils ont des objectifs différents ?

Ouais

D'accord ? Est-ce que ça peut pas être complémentaire ?

Ben si mais après c'est difficile hein

C'est à dire ?

Ben donc moi j'étais chargé de réfléchir sur comment intégrer ça dans une progression. J'ai vu des élèves avec un appareil photo et je me suis dit ben tiens ça, ça peut être quelque chose de bien parce que ça peut nous permettre, enfin ça peut être, confier des appareils photo à des gamins ça peut être aussi après l'occasion de faire euh une synthèse de ce qu'on a vu à partir des photos. Euh maintenant il paraît alors on m'a dit, fais attention le droit à l'image, machin etc. donc euh résultat je ne vois pas trop comment ça peut être complémentaire, mais je pense que ça doit l'être, non ?

Euh... je donnerais mon avis après (rire). Mais pour le moment euh...C'est c'est possible tout ça que ça soit complémentaire c'est une hypothèse. Euh bon alors toujours pour creuser là dessus, euh, est-ce que vous pensez que le fait d'amener les élèves au palais là, ça peut être un facteur motivant, qui éveille la curiosité, enfin susciter...

Ouais ouais ouais je pense beaucoup. Je pense beaucoup... le truc qui me j'aime quand même aussi, c'est que il y a pas de petits ateliers... remarque si... Il y a des petits stands au palais de la découverte où les élèves peuvent manipuler, voir des outils magnétiques et tout. Donc euh ouais si, si

D'accord

Je veux dire qu'il manquait des ateliers mais en fait pas forcément. Nous on a eu que les visites là mais bon...

Et en terme, en terme de compréhension est-ce que, est-ce que assister à une conférence comme ça, ça peut aider l'élève à comprendre les choses. Aider à la compréhension d'un concept par exemple ?

Ça dépend son point de départ, parce que, l'animateur il connaît, enfin il connaît pas enfin je sais pas, je sais pas si il connaît son public où il ne connaît pas, je sais pas si on lui dit là : tu vas faire ça pour des jeunes ou tu vas faire ça pour des gens qui sont en prépa CAPES

A priori oui, il peut le savoir, mais est-ce que ça va franchement changer son contenu, sa façon de faire, peut être mais on c'est pas certain ?

Enfin je sais pas après si il y a les, le le, l'expérience sur l'électrostatique, euh au collège, enfin jusqu'en 4^{ème}, jusqu'en 3^{ème} on est pas censé parler des charges, d'électrons etc, je pense que là, pour l'élève ça sera vraiment du spectaculaire. Une fois, alors que en seconde, euh, ben on pourrait faire le rapprochement déjà avec la force électrostatique et puis

Alors supposons qu'on est à faire à le choix d'une conférence qui soit associé avec un contenu du programme de l'année en cours, on est bien dans le cadre ça correspond ! Est-ce que là ça peut rapporter quelque chose ?

Où vous voulez m'emmenez là ?

Non mais je pose la question là; Je me dis bon par exemple les expériences à -180° là etc. la chaleur et tout ça...euh il y a forcément des liens avec le programme des collèges en 5^{ème} etc., est-ce que là ça peut aider à la compréhension ?

A la compréhension ? Ben ça aide. Je pense que oui, ça aide à, à la fois prendre conscience du fait que enfin nous ce qu'on étudie la vapeur d'eau ben c'est, ça peut aider aussi un peu à globaliser, à savoir capitaliser par des images, par des impressions ouais je crois que ça peut...

D'accord. Euh qu'est-ce que vous avez pensé de la qualité globale de l'exposé ?

Lequel ?

Celui que vous voulez...

Moi je trouve que c'est bien. Je suis déjà allé, il y a un an, je trouve ça chouette

Du quel que vous parlez là, les 3 ?

Le trois et puis j'en avais vu euh d'autres un autre jour à, quand j'étais en préparation CAPES, j'avais vu une magnétique mais euh, comment est-ce qu'on fabrique, comment est-ce qu'on fait les aimants, comment on les désaimante, comment on les réaimante, ça m'avait apporté beaucoup euh pratiquement autant que la formation de CAPES en fait parce que pour une fois je voyais les choses en...

D'accord. Est-ce que sur la forme, ça se différencie beaucoup d'un cours classique fait par un prof ?

Hum non

Non ?

Non non

C'est à dire qu'ils utilisent les mêmes arguments, les mêmes techniques. Si si vous aviez à aborder une notion, vous feriez la même chose que lui ? Hein si vous pouviez, je pense au niveau du matériel ?

Je sais pas, je pense que ce que j'essaie de faire, vraiment d'essayer de partir de mes élèves qu'ils soient vraiment au centre de ce qu'ils font, c'est à dire que, je leur donne, c'est un peu compliqué, mais comme ils sont nombreux, ben je m'arrange pour qu'ils manipulent, pour qu'ils aient des recherches à faire, les maintenir en activité c'est vraiment, enfin c'est eux qui bossent quoi, j'essaie de faire en sorte, c'est pas moi, moi j'essaie de leur apprendre à bosser des problèmes techniques. Donc en ça, je vois ma mission peu différente de celle ...

D'accord

Mais c'est vrai qu'au palais de la découverte on pourrait dire ouais que c'est un coup classique à part que il nous fait pas faire d'exos, il vérifie pas qu'on a compris

Hum hum

Mais au fond, voilà ça avance, c'est une démonstration quoi

C'est une démonstration ?

J'ai dis une ouais, c'est plusieurs enfin, il y a plusieurs démonstrations mais c'est quand même enfin c'est quand même un peu une performance, un acte de théâtre, enfin c'est pas

Ah d'accord. Alors par rapport au contenu scientifique bien qu'est-ce qui fait la différence là, c'est à dire que là, euh vous choisissez d'aborder je sais pas moi la vaporisation, je ne sais quoi, vous allez faire exactement le même, le même cours que lui en supposons que ce soit effectivement le même cours ?

Je suis pas encore sur la vaporisation

Ouais mais on imagine

Euh...

Vous pensez que les élèves ils auront retenus ce qu'ils doivent retenir du programme quand ils sortiront de la conférence, je parle par rapport au programme hein ?

Ouais ouais je l'ai pas sous les yeux. Euh je pense que sera mises les choses en place qui sont sûrement positives, peut être un peu négatives parce que c'est vraiment enfin je pense qu'on fait des trucs autrement plus chiants

Hum hum

Et autrement plus rigoureux, plus cadrés, mais euh, non je pense que ouais, ça peut

D'accord, enfin. Alors est-ce que dans l'exposé en question là, est-ce que, est-ce qu'il vous a semblé que le conférencier faisait des simplifications ? J'ai pas dis des erreurs hein. Est-ce qu'il simplifiait à un moment donné énormément et que ça vous a frappé ?

Non. Non vraiment pas. Je pensais au début quand il dit euh, quand il dit c'est du rien euh, parce qu'il le répète et ben oui, ben là il y a rien...mais c'est jamais totalement du rien, c'est pas grave, ce qui compte c'est bien qu'on comprenne le but c'était d'isoler et ça même si l'explique pas aussi clairement il y a quand même bien derrière la notion quoi enfin

Ok. Est-ce que ça peut poser un problème aux élèves ? Ca peut être sur cet exemple ou sur un autre ?

Je sais pas vraiment

Parce que justement c'est ce qui m'intéresse. Est-ce que, est-ce que vous seriez capable d'identifier en imaginant vous avez vu la conférence avant d'emmener vos élèves, est-ce que vous seriez capable d'identifier tous les points qui vont leur poser problème ?

Non

Non ?

Non

Pourtant il y en a qui vont poser problème ?

Ouais, ouais, si, enfin si il y a des points je suis sûr que même quand il dit bon ben là ça bout parce que ça enfin quand il dit ça bout parce que ça refroidit ou euh, alors là je pense que ça c'est clairement hors de portée mais euh après sur les choses que moi je pense un peu évidentes, là je vais pas admettre qu'ils puissent euh les remettre en question

Pas admettre ou pas voir

Enfin je vais pas voir. Je vais pas voir où elle est leur difficulté c'est vrai que des fois, ben on aimerait bien dire mince, comment j'étais déjà quand j'avais cet âge là, bon on sait pas quoi et on a plus tout les questions qui vont avec aussi...

Ouais, ouais, d'accord. Est-ce, mais est-ce qu'il est essentiel finalement euh que les élèves aient tout compris dans la conférence ?

Est-ce qu'il est essentiel qu'ils comprennent tout ? Je ne pense on peut jamais tout comprendre. Non, non c'est vraiment pas le, je pense que ouais, d'une part il y a la curiosité, il y a le visuel dans la conférence, après la compréhension ben ça c'est, enfin pour moi c'est je vois comme un plus. Si ça les fait progresser et bien tant mieux, maintenant euh, quel moyen j'ai pour évaluer si ils vont progresser grâce à cette conférence, c'est difficile, ça va être, peut être en regardant leur prise de notes ou

Toute la question c'est de savoir si on peut allier les deux. On est d'accord il va avoir un phénomène motivant, intéressant, curiosité etc., la question c'est est-ce que c'est un handicap, est-ce que ça peut être un avantage en terme de compréhension des concepts, C'est là la question. Donc euh on se pose la question, on a pas la réponse donc là, là votre avis c'est ça,

c'est ce qui m'intéresse c'est de savoir effectivement euh est-ce que il est essentiel qu'ils aient tout compris ? Ou est-ce qu'on se limite, on peut se limiter aussi à une partie ?

Ben pour moi ouais tous qu'ils comprennent en plus c'est du bénéf

En plus ? C'est à dire en plus par rapport à quoi ?

Par rapport à ce qu'ils ont vu avant d'arriver à la conférence

D'accord donc par rapport au programme en fait?

Enfin pas par rapport au programme, par rapport leur état personnel en fait, par rapport à. Si jamais ils comprennent toute la conférence c'est parfait mais ils ne comprennent pas tout ben tant pis c'est déjà un peu quoi

D'accord, mais vous en tant qu'enseignant l'objectif c'est quoi ?

Moi après je pense que ça soit d'essayer de créer un cadre pour réexploiter, et ben dire que plutôt qu'il y a du rien ben là par exemple on crée une isolation que l'on va étudier les différents transferts de chaleur c'est ce qu'il nous a dit mais tellement vite que... enfin c'est peut-être un peu rébarbatif, je sais pas

En fait là l'idée c'est c'est de revenir sur certains points ou sur tous les points ?

Euh ça dépend tant que je peux déjà (rire)

C'est à dire ?

C'est à dire que ça bout parce que ça refroidit... je ne m'y aventurerai pas encore que je crois que j'ai bien assimiler mais bon là c'est, c'est pas facile quand même

Ah ouais c'est sûr, mais c'est, bon en fait l'idée c'est obtenir est-ce qu'il y a pas moyens de guider les élèves en fait. Est-ce qu'il y a pas moyen de les guider dans la compréhension ? C'est-à-dire de faire en sorte que si l'essentiel c'est pas qu'ils aient tout repris est-ce qu'on peut pas se limiter à quelque chose et si oui à quoi et comment ?

Ca en fait je pense que il faut que l'enseignant si il emmène les élèves à des visites comme ça, il faut qu'il ait, vu les visites il faut qu'il ait préparé un questionnaire maintenant...

Hum hum. Sur quoi vous vous baseriez pour faire votre questionnaire ? Quels seraient les critères ?

Ouais le programme

Le programme ?

Et puis aussi des petites questions qui peuvent être en dehors mais qu'on peut toujours... enfin de culture générale aussi... faut respecter mais pas trop quoi

D'accord, ça veut dire essentiellement sur la conférence, vous verriez la conférence avant et vous vous diriez euh voilà je bâtis un questionnaire pour recentrer ce que doivent retenir les élèves à l'issue de la conférence et qui est un lien avec le programme ?

Ben oui mais tout en essayant de ne pas les priver de la liberté de voir ce qui a en dehors de...

Alors justement, ça c'est qui ressort assez souvent, c'est que cette préparation, cette phase de préparation éventuelle là, y compris aussi on a parfois la possibilité de, d'avoir un peu travailler les sujets avant la conférence... alors certains disent que ça peut aussi gâcher aussi le plaisir

Ouais

L'intérêt, la motivation etc., qu'est-ce que vous en pensez ?

Hum je pense que ça peut être vrai

Ca peut être vrai ?

Ca peut être vrai donc pour ça qu'il faut arriver à le décliner avec des ... je ne sais pas... pourquoi pas prendre des photos il faudrait arriver à le décliner pour l'exploiter mais sous une autre forme qui ne soit pas un questionnaire sur feuille

Et si on le fait pas, si on le fait pas, si on fait rien on va, comment dire on va à la conférence on emmène les élèves ils ont pas de questionnaires, on a pas préparé en classe avec eux avant on peut éventuellement réexploiter on en a pas parlé encore avant, si on a rien fait, est-ce que, quelle différence il va y avoir avec une sortie qu'ils auraient fait avec leurs parents par exemple ?

Enfin, je pense que ce vous attendez c'est qu'il est pas beaucoup de différence quoi

(Rire) Je n'attends rien, je n'attends rien

Ben avec leurs parents, ils peuvent discuter individuellement du de ce qu'ils ont vu, ils peuvent s'exprimer alors qu'en situation de classe euh ben ils auront à faire à moi, y'a que cette possibilité

Hum hum. Donc en fait c'est même un handicap d'aller en classe plutôt qu'avec les parents ?

Ben oui je pense

Dans le contexte on a rien à faire ?

Dans le contexte on a rien à faire ouais

Ok. Bon hum

Bon après ça dépend de l'enseignant il y a toujours des moyens de d'arriver à extérioriser ça sans avoir rien fait, mais il faut que le cours il est lieu juste après la sortie enfin pas trop longtemps, moi j'attendrais pas une semaine

Alors justement tout le monde a l'air d'accord pour dire faire qu'il faut faire une exploitation après pour réinvestir ça donc qu'est-ce que vous feriez ?

Hum, des choses assez simples je pense. Ben je sais pas parce que moi, l'idée qui m'avait plu c'était vraiment le fait d'avoir un support audiovisuel par exemples les photos pour euh, pour après ou en faire des panneaux ou en faire un support enfin un support visuel oui on y était et voilà, c'était ça, le fait qu'on m'est un peu refroidit là dessus, ça m'a un peu embêté. Mais eu, mais sinon, moi dans ma classe je fonctionne enfin je donne des rôles à mes élèves, euh il y a trois rôles, il y a celui qui écrit, celui qui recherche les informations et puis celui qui, qui va l'expérimenter. Bon ben j'essaierai peut être de reproduire un peu ce schéma là pour la visite au palais de la découverte ou euh, en fait pour avoir des groupes avec différents, différents objectifs et après peut être une séance, ben là je leur ferai faire un panneau sur le thème qu'il avait à préparer ou sur quelque chose comme ça.

Là on est dans les moyens à mettre en œuvre... Effectivement c'est une possibilité ce que vous dites là, ben là on est dans les moyens. Moi je suis plus euh, ce qui m'intéresse plus c'est, je me posais la question sur les objectifs à savoir, qu'est-ce que je vais exploiter et pourquoi...une fois que je suis sorti de la conférence... une semaine après par exemple avec les élèves, qu'est-ce que j'exploite et pourquoi ? Pas comment je vais faire, déjà qu'on sache déjà qu'est-ce que j'ai exploité pourquoi avant qu'on sache comment je vais faire... Est-ce que vous comprenez tout ce qui a été dit pendant la conférence ?

Non

Bon, donc justement on dit que on s'intéressait à savoir si...

Si ça colle au programme

Si il fallait que ça colle au programme. Donc c'est ça vous investissez ?

Ca serait l'idéal maintenant je pense que si jamais il y a d'autres choses que je pense possible si jamais ça me fournit une occasion de bondir sur un truc qui n'est pas dans le programme je vais mettre la main sur le micro et je vais dire que je bondirais dessus sans scrupule quoi... (rires).

De toute façon un micro n'a pas d'importance mais euh non non c'est c'est ce dont on discute justement, mais imaginons qu'on est ciblé trois points importants dans la conférence, euh imaginons que donc on travaille avec les élèves là dessus et imaginons enfin que les élèves nous posent des questions sur d'autres choses, on répond pas ?

Sur d'autres choses oui même si c'est quand même, enfin c'est l'occasion, enfin déjà, déjà dans les apprentissages on doit toujours montrer que le programme c'est des modèles et que la réalité c'est toujours en dehors du modèle quoi. Déjà on le montre pas assez parce que on arrive souvent en se disant on peut tout sous équations et tout donc déjà c'est vrai que pour les affaires d'écran, le téléphone portable et tout, pour le reste on en est loin donc euh, donc ouais non au contraire je crois qu'il faut que ça soit un élan d'ouverture à ce moment il faut aussi euh...

D'accord. Donc il faut profiter de ça en fait ?

Ben oui oui, profiter de la nouvelle dynamique que ça peut instaurer

Hum hum

Et puis aussi celle qu'on voit c'est un peu différent tout en voyant ce qui est semblable quoi

Ok. Ouais ouais c'est intéressant. Donc euh bon pour finir là, mise à part les détails techniques qui se fait sur l'organisation d'une sortie comme celle-là, euh qu'est-ce qui vous paraît être un obstacle ?

Un obstacle ?

Ouais, qu'est-ce qui vous empêcherai d'organiser la sortie en dehors de problèmes d'organisation administrative, de responsabilité etc. ? ça on met de côté...

Si jamais j'ai pas de problème, j'y vais. Non c'est motiver les collègues parce qu'on veut les piquer des cours

Hum hum

C'est quelque part aussi une surcharge de travail moi je la subis pas parce que je pense qu'on fait un métier qui est militant, c'est vrai qu'on est payé pareil, on est pas encore payé au mérite

Qu'on fasse ou que l'on fasse pas on sera payé la même chose, c'est ça que vous voulez dire ?

C'est un peu débile mais...

Donc l'investissement... mais aussi il y a une réflexion qui revient souvent de la part des collègues, c'est le temps, le temps par rapport au programme

Non non ça me fait pas peur

C'est à dire que vous vous êtes prêt à consacrer par exemple une heure pour travailler avant, une heure pour travailler avant euh ensuite...

Non Pas une heure pour travailler avant... vraiment en fait je pense que ce que j'essaierai de faire c'est je donne euh si j'ai cinq groupes dans ma classe euh je m'arrange pour qu'on voit par exemple quatre exposés, enfin quatre exposés, il y a un groupe qui est chargé de voir les différents petits expériences autour ou à la limite 5 conférences je pense que après les grosses têtes enfin bref, déjà qu'ils fassent pas tous et que chaque groupe prépare un peu juste son exposé et puis que pour le reste et puis qu'ils puissent garder la liberté d'y aller les mains dans les poches et puis après on fait des panneaux, les panneaux donc il y aurait bien une ou deux heures à préparer mais assez peu avant en fait

D'accord, d'accord

bon ben je dirais c groupe là vous allez voir ça, je vous donne deux, trois pistes de ce que c'est, hein pour que vous puissiez commencer à réfléchir

Concrètement ça veut quand même dire que vous aurez passé entre trois et quatre heures à organiser l'ensemble du projet, Est-ce que, est-ce que c'est du temps perdu ?

Non, si ça instaure une dynamique euh de dialogue, de curiosité dans la classe

D'accord

Le programme on le rattrape super vite

Ouais

Euh ensuite bon moi j'ai vu des des profs des fois ils ont dit ben écoute ça je vais pas avoir le temps de le faire donc euh je vais, enfin c'était l'année dernière, ils ont dit ben écoute ça ne sera pas tel que je devrais le faire, tant pis c'est pas grave il faut avancer donc euh il y a des parties qu'on fait moins que d'autres mais bon. Je pense les libertés par rapport au programme je vais être complètement subversif tu m'as dit que c'était bon, c'est euh, c'est une liberté, c'est quelque chose qu'il donne, c'est quelque chose qu'il prend. Bon ça sera peut être un peu handicapant aussi ils ont pas vu aussi un petit, une sous partie de chapitre

Ouais

Mais si ils ont pas vu comment c'était, comment fonctionnait un œil en physique et ben on en a tous à peu près une petite idée et puis bon ben ça peut être vite rétablie si avant il y a eu d'autres choses quoi, je crois que...

Donc on perd en quelque part et on gagne un autre part ?

Ouais ouais ouais

Ok bon une dernière question : euh il y a certains stagiaires qui évoquaient l'idée d'une formation à la préparation et à la conduite de ce genre de projet, c'est à dire une formation, c'est à dire comment euh, comment j'intégrerais ça dans mes cours, c'est pas l'organisation technique, pas administrativement etc., la question est de savoir est-ce que ça, ça te semble pertinent ?

Moi je pense oui, euh mais aussi enfin il me semble que nous mettre en situation de redécouvrir des questions que vont se poser les enfants quoi. Moi je fais des activités au sein d'une association qui s'appelle un, deux, trois science dans laquelle je sais plus et on faisait une fois, une fois l'après midi où le thème c'était la mesure, comment est-ce qu'on en est venu à mesurer, donc on a travaillé avec des pâtes à modeler, euh ben des des étalons comme on avait fabriqué nous-même sur la mesure et on a enfin tout le monde autant qu'on était on était quasiment tous adultes on s'est posé beaucoup plus des questions alors que on pourrait faire, on serait capable de faire, un cours sur la mesure mais se poser les questions que vont se poser les élèves en préparant notre cours, j'y crois pas du tout et donc euh c'est plus, plus enfin... Au palais de la découverte on montre ah oui c'est comme ça machin, mais on a pas forcément les mains dans le cambouis comme il faudrait quoi

Ok ben merci

Non non c'était très intéressant.

Retranscription de l'entretien sur la vulgarisation scientifique Avec un stagiaire IUFM après une visite du palais de la découverte

L0 est l'enquêteur (Le chercheur)

L1 est la personne interrogée (Stagiaire IUFM)
Stagiaire en charge d'une classe de 2^{nde} à Louis Le Grand.

Le symbole (...) représente des parties non retranscrites qui à mon sens n'apportaient rien de plus au propos ou qui avaient un caractère anecdotique.

Première partie : retour sur les conférences du Palais de la découverte.

1 L0 Alors donc dans un premier temps on revient sur les conférences du Palais d'un point de vue général/ La première question : êtes-vous spontanément intéressé par le fait d'emmener vos élèves à ce genre de conférences et pourquoi ?

2 L1 Oui puisque je les emmène demain. J'étais déjà intéressé puisque j'avais déjà été au Palais de la découverte quand j'étais plus petit, je trouvais ça bien. <L0> C'est suite à une expérience personnelle en fait ? <L1> Oui, j'y avais été au collège deux fois / ça m'avait déjà bien intéressé à l'époque / y'a des manips spectaculaires donc c'est déjà relativement bluffant pour les élèves surtout sur des phénomènes dont ils nous pas entendus parler avant

3 L0 Donc le côté spectaculaire est important

4 L1 Ah oui oui oui / enfin moi c'est ce qui m'avait marqué surtout à l'époque c'était sur l'électrostatique / y'a les cheveux qui se dressent c'est vraiment très sympa et sur ce que ça peut apporter aux élèves moi ce qui m'intéresse c'est ce que ça peut leur apporter vis-à-vis du cours que j'ai déjà traité // Donc moi ma spécialité c'est astrophysique donc je voulais aborder un thème d'astrophysique puisque je leur avais fait un cours sur le diagramme H.R./ les différents types d'étoiles donc je trouve ça bien ça porte sur la cosmologie cosmogonie c'est très sympa / et y'en a pas mal qui sont intéressés par l'astrophysique / c'est un sujet dont on parle beaucoup à la télé et qui fait encore rêver donc ça je trouve ça bien / et je voulais les emmener voir le manège des forces parce que on en a parlé un peu dans le

programme puisque y'a les changements de référentiels et on a abordé un peu les référentiels tournants et / pour eux c'était pas très très clair force centrifuge force de Coriolis / je trouvais ça sympa de leur montrer / et puis ce qu'il y a de bien dans cette manip c'est qu'ils sont dedans / c'est pas juste démonstratif ils sont dedans / ça apporte quelque chose en plus / et puis il y a changement d'état et là ça rentre en plein ce qu'on a vu en début d'année / température d'ébullition / les différentes conditions / on les avait abordées en chimie et maintenant on les aborde en physique sur l'air donc ça c'est en plein dedans et je pense que ça peut les intéresser aussi / là c'est plus un complément / on a déjà abordé certaines choses mais là y'a un côté spectaculaire mais pas que ça / donc comme un complément de cours

5 L0 D'accord // Un stagiaire a évoqué l'idée de former les professeurs à exploiter ce genre de conférences / alors est-ce que ça vous semble pertinent est-ce que ça semblerait intéressant de préparer les professeurs à utiliser ce genre de conférences ?

6 L1 Oui / moi je trouve / le mieux c'est d'une part d'aller le voir avant/ bon c'est pas toujours possible / j'ai essayé d'aller voir cosmogonie cosmologie avant mais j'ai pas pu (rires) / et d'essayer d'avoir un feed-back après qu'est-ce qu'ils ont en ont retenu / comment ça a été perçu / si on avait fait la force centrifuge quels sont les paramètres qui peuvent jouer etc... / ça peut leur permettre de re-fixer les choses / y compris en TP ou en cours où l'on aborde un sujet si on revient pas dessus euh //

7 L0 Là tu me parles de ce que tu vas faire avec les élèves lors de la conférence / moi je te parlai est-ce que d'un point de vue formation didactique des profs il serait intéressant de préparer ce genre d'exploitation d'une façon générale en disant voilà telle conférence on peut l'exploiter de telle façon avec les élèves

8 L1 Ah oui non / ça serait bien / ça nous enlèverait une part du boulot déjà (rires) / ça nous apporterait sûrement des remarques intéressantes parce que on a pas participé à la conception ou à la mise en place de la manip donc on n'est pas du tout au courant de ce qui se passe derrière et des fois on n'est pas compétent / on ne connaît pas tous les sujets et donc ça peut être intéressant d'avoir une mise au point / le fait d'avoir préparé avec d'autres gens ou d'autres profs ou simplement le fait d'avoir des ressources autour : où est-ce qu'ils ont pensé à avoir cette manip est-ce qu'il y a déjà des articles de parus d'une part / pour pouvoir étayer ce qu'on voit / ça pourrait être bien

9 L0 D'accord // A part ça / Voyez-vous des différences notables entre la présentation d'un professeur en classe et celle d'un conférencier sur le même thème ?

10 L1 Euh / au sein d'une classe ou par rapport au Palais de la découverte ? C'est-à-dire que si on est dans le lieu de la classe ça peut apporter quelque chose / généralement c'est sur un thème plus pointu / comme faisait un de mes collègues / venir parler un peu de physique des particules d'une part il s'y connaît beaucoup mieux que moi / deuxièmement il l'enseigne donc il sait ce qui accroche les élèves vis-à-vis de ça et puis il peut leur apporter une connaissance des dernières manips en cours / ça en fait ce serait dans le lieu de la classe / dans un autre lieu que la classe là c'est totalement différent / d'une part les élèves sont différents / enfin ici c'est un peu particulier / c'est pas le prof donc c'est moins scolaire y'a pas obligatoirement de prise de notes / si je pense que sur des grandes expériences ou des grandes conférences qui parlent de sujets / disons pas plus intéressants mais qui a priori les touchent plus / quelque chose qui fait rêver / des manip extraordinaires ou quelque chose de pointe / là ils sont plus vivants que parfois quand on a un cours qui peut être un petit peu

technique théorique etc.... / ceci dit on peut faire une conférence en ayant ces liens théoriques là mais c'est pas la majeure partie / comme ça fait généralement pas partie du programme ils sont généralement plus attentifs / c'est comme une sortie pas comme un cours donc / enfin / l'ambiance n'est pas la même

11 L0 oui / D'accord / est-ce que le conférencier et le prof en classe s'ils abordent le même thème ils auront les mêmes objectifs ?

12 L1 Ah pas forcément / du coup il faut se mettre d'accord avant sur qu'est que l'on veut montrer ? Donc c'est sûr que si l'on a pas eu d'entretien avant //

13 L0 Ce serait un souhait ça alors ?

14 L1 Ce serait se mettre d'accord sur les objectifs / Ce serait par exemple s'entretenir sur quels sont à lui ces objectifs ? Et nous quels sont les nôtres ? Quand on a été au Palais de la découverte nous on avait pas a priori d'objectifs sur la manip / maintenant en le vivant on sait dit c'est plus de la grosse manip qui fait rigoler / alors que bon l'influence des différents paramètres c'était pas forcément mis en avant / alors que nous / enfin moi ce qui m'intéressait avec mes élèves c'est de tenir compte de ça / c'est-à-dire on a une manip et on leur fait trouver les différents paramètres même si on ne cherche pas une loi précise

15 L0 Donc apparemment comme ça / sans s'être mis d'accord y'a des objectifs différents

16 L1 Ah oui oui si on se met pas d'accord y'a des objectifs différents

17 L0 Et par rapport à ça / quels sont les avantages et les inconvénients de chacun c'est-à-dire du conférencier par rapport à ses objectifs et du prof par rapport à ses propres objectifs ?

18 L1 Alors l'avantage du conférencier / euh / d'une part c'est très vivant / ça fait très camelot (rires) / disons qu'il vend bien ça manip et qu'il la rend spectaculaire / maintenant l'objectif est pas forcément que les élèves est compris ce qui se passe : on leur montre le phénomène mais on leur explique pas forcément je dis pas jusqu'au bout mais le plus à fond et ça c'est parfois un problème / maintenant du coup la visite se passe très très bien les élèves ça les fait rire rêver

19 L0 Donc la compréhension du concept elle est secondaire finalement ?

20 L1 Bien / elle est partielle // Je dirais pas secondaire mais elle est partielle // elle fait partie des objectifs du conférencier mais lui c'est plus de montrer le phénomène plutôt que de l'expliquer / on a des doses d'explication mais qui sont pas forcément à la hauteur de l'objectif du professeur en classe / qui lui veut faire rentrer... <L0> mais lui il est moins spectaculaire <L1> ah oui / Bah souvent il est moins spectaculaire faute des fois de manip ou on essaye de l'être mais ça ne dure pas une heure et demi le spectacle (rires)

21 L0 Finalement sur les avantages et les inconvénients ils sont un peu antagonistes ?

22 L1 Pas complètement / on peut faire un petit peu des deux mais l'orientation de l'un est très orientée sur le spectaculaire et le prof moins sur le spectaculaire mais plus sur la

compréhension / maintenant on peut mixer c'est-à-dire / moi j'ai fait certaines manips en chimie qui sont très spectaculaires / qu'on devrait peut-être pas forcément faire mais bon (rires) / au moins on s'amuse un peu : mais c'est sûr que sur le manège des forces on peut pas les mettre sur un manège dans la cours / du coup c'est bien d'avoir les deux mais il faudrait pas faire que du spectaculaire / je pense pas que ça rentrera / oh ça fait dresser les cheveux sur la tête mais pourquoi ?

23 L0 Le coté spectaculaire justement / qu'est-ce qu'il apporte de plus ? Pour un élève est-ce qu'il peut y avoir un apport du point de vue de la didactique ? Point de vue compréhension ? Qu'est-ce que ça peut apporter ?

24 L1 Pour moi le premier c'est que ça suscite l'intérêt et ça // ou alors les élèves ça les intéressent pas du tout et ils écoutent pas / mais déjà ça fixe l'attention / c'est déjà très bien et certaine fois c'est une grosse partie de gagner / ensuite si c'est spectaculaire pour certain ils ont envie de comprendre pourquoi c'est si spectaculaire / et pourquoi ce phénomène a lieu / donc du coup ça / ça peut apporter un plus / mais maintenant l'explication est souvent biaisée car sur les phénomènes ils n'ont pas forcément les connaissances suffisantes pour pouvoir le comprendre / donc du coup ce qu'on leur dit pas c'est où je trouve l'arnaque quelque part dans l'explication qu'on leur donne et ça par contre c'est gênant du point de vue de la didactique / c'est-à-dire qu'on leur montre la physique on leur fait croire qu'ils ont compris et en fait ils ont pas du tout compris / donc du coup ça c'est pas très didactique

25 L0 Certains ont évoqué la nécessité d'approfondir avec les élèves les notions abordées lors des conférences / donc on en parlait à l'instant / est-ce que c'est nécessaire ? Indispensable ? Inutile ?

26 L1 Tout dépend de l'objectif de la visite / si l'objectif c'est de leur faire découvrir certains phénomènes et de leur expliquer dans ce cas là c'est inutile / maintenant si on y va avec un autre objectif qui est de leur apporter un plus par rapport au cours / le cours il a dû déjà être exploité avant / et il y a forcément quelque chose d'un peu nouveau sinon il n'y a pas d'intérêt à aller le voir et du coup de faire un retour dessus là ça devient intéressant car ils auront envie d'en parler / enfin moi je pense / je l'ai pas encore fait / ils auront envie d'en parler parce que ça les aura marqué donc on peut avoir un lien dessus / donc dans ce cas là ça devient indispensable pour leur dit on se trouvait le phénomène qu'il n'ont pas tout à fait compris parce que ça va vite aussi / y'a que de l'oral y'a rien d'écrit y'en a qu'ont besoin des deux et du coup ils n'ont pas forcément tout compris tout retenu / là ça devient indispensable de faire un retour dessus

27 L0 D'accord donc ça c'est sur le retour / mais est-ce qu'il semble nécessaire également de préparer la visite ?

28 L1 Alors ça pas sûr ! (Rires) / Je pense que ce serait bien que le prof lui l'ai préparé avant / mais toujours si on peut préparer

29 L0 Mais alors qu'est ce que la préparation du prof ? La préparation sans ses élèves où lui il aura déjà -| <L1> où il lui il va déjà voir la conférence déjà pour voir si ça aborde déjà bien le sujet qu'il souhaite aborder / d'une part comme les thèmes sont très très génériques au palais de la découverte / d'autre part s'il s'y connaît pas vraiment ça lui permettra de regarder un peu à coté et puis ça lui permet de savoir en amont à peu près ce

qu'il peut poser comme questions aux élèves / pas forcément pendant la conférence mais de retour en cours // de toutes façons entre deux visites le conférencier ne dit jamais exactement la même chose donc on ne peut pas tout prévoir à l'avance mais ça permet de débroussailler un peu ce qui permet d'être plus clair plutôt que de le faire pendant la visite / on est dedans / on observe la réaction des élèves / en même temps on essaye de se dire il faudrait que je les interroge la dessus // du coup c'est pas tellement jouable de faire ça à même la visite

30 L0 Du coup est-ce que faire un cours puis ensuite aller voir une exposition ou une conférence pour apporter un plus / est-ce que c'est pas déjà préparer la visite ? // Par exemple on aborde le thème avec les élèves et ensuite on va voir le manège et on aborde les forces particulières force centrifuge force de Coriolis /

31 L1 C'est possible mais alors c'est pas forcément conscient / moi au début de l'année je savais pas que la manip existait (...) Je prépare pas toute mon année dès septembre donc du coup c'est on trouve des articles etc..... qu'on leur propose après en étayant mais c'est pas forcément dès le départ

32 L0 D'accord mais ce qui me frappe c'est qu'il faudrait se mettre d'accord sur les objectifs avant et finalement de se dire que ce n'est pas forcément nécessaire de préparer la visite avant // alors si on se met d'accord sur les objectifs avant c'est que l'on prépare ? <L1> ah oui oui oui / mais de toute façon mieux vaut avoir préparé comme mieux vaut avoir préparé son cours avant de le faire // C'est mieux mais c'est pas forcément réalisable

33 L1 Moi quand j'ai appelé / ben la c'est pas possible etc.... <L0> donc là il y a un problème de disponibilité

34 L0 Bon tout à fait autre chose / certains stagiaires semblent penser que les élèves seraient perdus dans une grande masse d'information après la conférence / donc ça c'est essentiellement à propos du manège tournant / et qu'il fallait un certain recul pour pouvoir en profiter pleinement / qu'en pensez-vous ?

35 L1 Bon là c'est vrai que la plupart des stagiaires sont au collège / et je suis pas très au courant des programmes de collège mais je pense que c'est un peu dur pour eux / bon maintenant pour les élèves de seconde c'est vraiment très très limite / c'est-à-dire que parler de force centrifuge même s'ils ont déjà entendu le terme ou de force de Coriolis sans même leur dire ou en leur posant des questions est-ce que c'est des pseudos forces ou est-ce que c'est des vraies forces ? Alors qu'ils n'ont pas assimilé complètement le concept de force / c'est peut-être un peu dur / ou alors il faut soit bien préparer la conférence avant soit dire au conférencier voilà moi mes élèves ils savent ça maintenant si vous parlez de tels ou tels termes il faudrait peut-être détailler un peu plus parce que sinon ils vont pas tout à fait comprendre ce dont on leur parle

36 L0 Donc on en revient toujours à la même chose c'est qu'il serait souhaitable de se mettre d'accord avant avec le conférencier <L1> d'adapter avec le conférencier au niveau des élèves / ne serait-ce qu'entre les élèves d'ici et les élèves d'un lycée plus en difficulté c'est sûr que les élèves ne vont pas attendre la même chose et ne vont pas avoir les mêmes réflexions / du coup si on peut se mettre d'accord en disant bon ça voilà je l'ai mis au point ça par contre c'est très flou / on peut adapter le discours ou revenir sur certains points / bon moi je l'ai pas fait avec les élèves mais y'en a qui soit interrompent le conférencier en disant bon là j'ai rien

compris soit laisseront passer en disant bon c'est sympathique mais on cherchera pas à comprendre.

37 L0 D'accord alors justement est-il absolument nécessaire que les conférences se rattachent aux contenus des programmes de l'année ?

38 L1 Non c'est pas nécessaire mais pour nous généralement c'est un plus / c'est-à-dire que sur certaines parties du programme que l'on souhaite un peu plus creuser / c'est quand même plus intéressant

39 L0 Donc ça veut dire qu'en fonction de la conférence c'est-à-dire si elle est ancrée dans les programmes ou si elle ne l'est pas, les objectifs sont différents ?

40 L1 Ah oui oui / Tout à fait.

41 L0 dans un cas il y a un objectif d'approfondissement et dans l'autre un objectif de vulgarisation ? <L1> de vulgarisation simple ou de découverte d'un thème (...)

42 L1 Mais étant donné que le temps est limité / on ne peut pas dire une semaine y'a la conférence / la semaine d'avant il faut quand même soit en avoir un peu parler soit y avoir réfléchi et la semaine d'après faire du post traitement / c'est pas possible de perdre trois semaines sur quelque chose / c'est vrai que si on peut le rattacher au programme eh bien y'a une partie de préparation en moins déjà / y'a la conférence qui apporte un plus et puis on peut revenir un peu plus rapidement dessus sachant que les bases ont déjà été posées

43 L0 Alors justement si c'est juste une découverte / quelle différence il y a entre une visite faite avec la classe et une visite faite avec les parents par exemple ?

44 L1 D'une part les parents sont pas forcément physicien donc il vont pas pouvoir forcément creuser les thèmes / d'autre part il y a des conférences qui ne sont pas accessibles si on n'est pas en groupe de classe <L0> donc là c'est juste une question pratique ? <L1> voilà / et puis ils penseront pas forcément à le faire avec leurs parents

45 L0 Enfin pour ceux qui le font y'aura pas de différences finalement ?

46 L1 Si il y a une différence quand même c'est que nous / soit le professeur soit le conférencier pouvons revenir sur certains points parce que on est au courant de ce que les élèves ont vu

47 L0 D'accord donc ça veut dire que si c'est juste un sujet de découverte que il y aura une différence à condition que l'on revienne dessus

48 L1 Oui oui / ou pendant / pendant on peut intervenir pour éclairer certains points / mais je compte pas sur les parents ou sur les élèves / Ceci dit s'ils y vont seuls en plus c'est bien (rires) / on peut que les encourager (rires)

49 L0 Alors ensuite // Pensez-vous que le côté spectaculaire des expériences soit un avantage ou un inconvénient ?

50 L1 C'est un avantage pour l'intérêt / un inconvénient ça le devient si on essaye pas d'expliquer le phénomène / si l'intérêt de la visite n'est de montrer que du spectaculaire ça devient de la sorcellerie / et là si le conférencier il trouve que l'intérêt c'est de montrer que le spectaculaire / ben oui les élèves ça les aura marqué mais finalement pour la physique en elle-même ils n'en auront rien retiré / à part que c'est peut-être lié vaguement à la physique

51 L0 Est-ce que ça justement est-ce que c'est pas dangereux vis-à-vis de l'enseignement ? Par rapport au fait comme on le disait au début qu'on est moins spectaculaire ?

52 L1 Le danger ça va être ça va les attirer mais finalement ils vont se limiter à des explications superficielles sans chercher à vouloir comprendre ce qui se passe / bon maintenant si on réussit à dire bon d'accord c'est spectaculaire mais voilà comment ça marche / on aura eu le côté spectaculaire et les explications / maintenant qu'est-ce qui vont retenir des deux ben ça ça va dépendre du travail que l'on va faire après

53 L0 Oui / En fait ma question c'était est-ce qu'il y a pas un danger à ce que le prof devienne rébarbatif en comparaison | <L1> oui c'est vrai que pour certains élèves ça peut être ça mais on est pas là pour faire que du spectaculaire ou pour faire que de la vulgarisation / c'est pas notre objectif / Y'en a qui apprenne peut-être facilement mais ça demande un minimum d'efforts / c'est sûr qu'on sera moins spectaculaire en cours mais ceci di pourquoi on serait moins intéressant ? non / on a pas forcément les mêmes objectifs ni les mêmes moyens et puis nous on est lié à un programme / du coup il y a aussi ce que l'on veut leur faire passer et il y a aussi des élèves qui sont contents lorsqu'ils ont compris quelque chose / ça n'a rien de spectaculaire mais c'est un déclic qui est aussi important et pour nous ça l'est plus parce que c'est ce qu'on attend d'eux / maintenant oui on peu paraître embettant mais faire que de ça / ça revient à ne plus faire de physique

54 L0 D'accord / justement par rapport à ça / est-ce qu'être spectaculaire ou tout au moins ludique c'est nécessaire à la motivation des élèves ?

55 L1 C'est pas nécessaire / la tendance justement j'ai l'impression c'est qu'il faut qu'on soit ludique / mais justement le danger c'est de n'être que ludique / je fais passer du bon temps aux élèves ils sont sympa parce qu'ils écoutent mais du coup on passe totalement à côté de la compréhension / et ça moi je trouve ça totalement inacceptable / on est pas là que pour être ludique / c'est pas notre objectif

56 L0 Donc le ludique c'es un plus en fait ?

57 L1 C'est un plus / quand c'est ludique / enfin s'ils peuvent s'amuser en apprenant c'est très bien / et si c'est s'amuser et pas apprendre c'est idiot / enfin moi je suis pas prof pour ça en tout cas : je préfère faire quelque chose de pas très intéressant où ils ont bien compris que quelque chose de très intéressant où ils n'ont rien compris

58 L0 D'accord / bon en dehors de la classe / si on s'intéresse aux visites dans les musées des élèves en dehors du cadre scolaire, aux émissions de télé aux revues scientifiques etc... / est-ce que vous pensez que ça peut participer à une meilleure compréhension des phénomènes physiques ?

59 L1 compréhension ? <L0> oui compréhension / c'est-à-dire est ce que ça permet aux élèves d'arriver avec un bagage supérieur pour ceux qui ont eu la chance d'accéder à ce genre de choses ?

60 L1 Non / déjà pas sur toutes les émissions par sur toutes les revues / le problème c'est qu'ils nous en parlent pas forcément / mais sur pas mal de sujet ils ont une culture scientifique globale / tel phénomène existe tel phénomène n'existe pas / là c'est sûr ils ont une connaissance plus importante qu'avant / ils s'y intéressent plus et il y aussi des émissions qui sont mieux faites / mais qui participent quelque part aussi à une certaine désinformation / on leur fait croire que le phénomène est très simple qu'on a toujours su le faire / et on leur donne une pseudo explication c'est vrai sans faire appel à des formules donc c'est plus ludique etc... <L0> donc il y a une simplification qui est malsaine quelque part ? <L1> oui c'est ça on leur fait croire qu'ils ont compris et ils se contentent de ça / par exemple dans sciences et avenir y'avait « Einstein avait tort » bon bah ce qu'ils ont retenu c'est que Einstein avait tort

61 L0 Est-ce qu'il serait possible dans l'enseignement de se baser sur toute cette culture annexe pour construire les cours ?

62 L1 C'est possible si ce qu'ils ont vu est en rapport avec le programme / et ils adorent parler des quarks mais bon ils ont pas les connaissances pour approfondir : du coup on va faire que biaiser et participer à cet amalgame que la science est facile et que l'on peut tout expliquer avec des mots (...) / nous par exemple sur certains trucs par exemple « tous sur orbite » ou « c'est pas sorcier » on peut revenir dessus et formaliser et on peut pas le faire sur toutes ces émissions là parce que c'est pas en rapport avec le programme

63 L0 En dehors du fait que ce ne soit pas en rapport avec le programme est-ce que c'est pas une constante dans la vulgarisation qu'on est l'impression d'avoir compris et que finalement ça ne reste pas ?

64 L1 Non / oui / enfin c'est une constante si les élèves ne creusent pas d'eux-mêmes / y'en a certain qui le font / enfin généralement ils ne font pas l'effort / et qu'ils croient avoir compris et que finalement ils se limitent à ça / c'est vrai c'est très dangereux

65 L0 Donc encore une fois on en revient toujours à la même chose c'est que pour que ça reste il faut le ré-exploiter ?

66 L1 Ah oui oui / ou que eux le ré-exploitent

67 L0 Mais est-ce qu'ils ont les moyens eux si on ne leur apprend pas de creuser les choses ?

68 L1 tout seul soit ils sont très très doués / soit j'en doute mais par contre ils peuvent venir nous en parler / alors il faut peut-être qu'on leur dise qu'on est disponible qu'on peut soit leur donner des indications bibliographiques soit leur apporter des documents soit en discuter / et ça c'est vrai qu'on le fait pas forcément

69 L0 est-ce que tu penses qu'il y a une majorité de professeurs qui incitent les élèves à consulter la vulgarisation scientifique et à en discuter pour les habituer

70 L1 Non non / enfin moi c'est mon impression / maintenant j'ai l'impression que chez les stagiaires ou les profs un peu plus jeunes ça passe mieux parce qu'on a plus été bercé dedans (...)

71 L0 Alors pour finir la dessus / est-ce que dans votre cursus est-ce que vous avez souvent effectué ce genre de visite ? Y'a-t-il eu une exploitation ? ou une préparation en classe ? Déjà est-ce que ça c'est produit souvent ?

72 L1 type palais de la découverte pas très souvent : au collège deux fois parce que j'avais une prof très intéressée par ça // au lycée non / en prépa non pas le temps / à la fac plus avec l'histoire des sciences

Deuxième partie : retour sur les réponses personnelles de S. Aullen au questionnaire.

73 L0 Pourquoi tu as choisi de répondre aux questions sur la conférence concernant Coriolis et pas sur les autres ?

74 L1 d'une part ça m'a bien intéressé je trouvais ça sympa / d'autre part c'est là que je trouve qu'il a été le moins mis en valeur les paramètres physiques qui pouvaient jouer / je trouvais que c'était l'exploitation la moins faite / et surtout c'est celle que je voulais montrer aux élèves parce qu'ils m'en avaient beaucoup parlé / quand j'avais abordé le changement de référentiel c'est là où je me suis dit que je le montrerai bien le phénomène et qu'ils le vivent par eux même et qu'on puisse en reparler même si c'est limite programme certain m'en avait parler et donc c'est vraiment cette manip que je voulais aller voir

75 L0 Donc il y avait plusieurs choses ? le fait que la manip est sympa en elle-même / le fait que l'exploitation laissait à désirer et donc qu'il y avait des choses à redire avec les élèves et puis parce que c'est en lien avec le programme ? <L1> mmh oui/ et puis que je comptais le faire avec les élèves

76 L0 Donc tu disais que c'était limite par rapport au programme / qu'en est-il exactement du programme sur la force centrifuge ?

77 L1 Alors / dans le programme c'est mis « on ne traitera pas les référentiels tournants » mais il se trouve que dans pas mal d'exos on les voit apparaître / force centrifuge on leur en parle plus ou moins / y compris sur la rotation des planètes etc... / on leur en parle sans en parler / donc du coup vous connaissez le mot on l'oppose à force centripète / on parle de force centripète pourquoi on parlerait pas de force centrifuge / c'est pas dans le programme mais c'est limite et c'est quand même intéressant qu'ils en entendent parler / Coriolis c'est vraiment plus secondaire (...) c'est bon de leur apporter un petit plus dessus maintenant on va pas le traiter entièrement formellement etc...

78 L0 Donc là c'est lié à la curiosité des élèves finalement ?

79 L1 Oui et puis c'est frontière programme / mais c'est vrai que généralement ici tout ce qui est frontière programme on le traite

80 L0 Sinon / dans le cas d'une expérience reproductible / y'a-t-il un intérêt à reproduire l'expérience en classe ou vaut-il mieux emmener les élèves voir la conférence ?

81 L1 A la limite on peut la reproduire en post traitement / ça se discute / c'est-à-dire d'une part qu'il y a un problème de temps s'il y a 10 manips qui durent deux heures généralement on a pas les élèves deux heures / d'autre part comme c'est une sortie c'est ludique donc ça les intéresse plus / parce que c'est plus le prof pour certains élèves c'est plus intéressant

82 L0 donc là en fait ce qui compte c'est de sortir du contexte scolaire ?

83 L1 Ils en sortent pas tout à fait mais ils sont conscients qu'on est plus dans l'établissement / du coup ça c'est un plus / et puis c'est quelqu'un d'autre qui parle donc je sais pas si ça ça désacralise pas le prof ou si ça le renforce mais en tout cas c'est quelqu'un de nouveau

84 L0 Est-ce que par rapport à ça / ça désacralise le prof / est-ce qu'il y a pas des collègues qui auraient peut d'être en concurrence avec le conférencier ?

85 L1 Ah oui oui je pense (...) / maintenant faire la manip c'est sûr que c'est intéressant de pouvoir la refaire après pour pouvoir dire aux élèves vous avez vu la manip qu'est ce que vous en avez retenu ? / Et on refait la manip et on retravaille dessus / ça c'est bien / mais sinon je pense que ça leur fait du bien de sortir du lycée qu'ils se rendent compte qu'il n'y a pas de la physique que chez nous / y'a pas que le prof de physique qui peut parler de physique / ça je trouve ça bien (...)

86 L0 Une dernière question sur le sujet : tu as dit que l'enchaînement était correctement réalisé entre les différentes parties qu'a abordé le conférencier / alors est-ce qu'il s'agissait d'un enchaînement oratoire ou d'un véritable lien entre les différentes parties au sens de la physique ?

87 L1 Au sens oratoire / il avait bien séparé au départ centrifuge et Coriolis / c'est-à-dire là c'est la force centrifuge et après il y a la force de Coriolis le tout était dans le sujet global est-ce que c'est des vraies forces ou pas ? // là il a pas forcément répondu mais bon / poser la question c'est déjà bien et voir les problèmes et dire de fois ça peut être considéré comme vrai ça peut être considéré comme faux ça dépend / c'était bien / et il avait bien séparé Coriolis et centrifuge / bon à la fin le problème c'est qu'il est revenu aussi sur centrifuge / alors là je pense que les élèves ils auraient plus rien compris / et dans la partie centrifuge il parlait bien que de ça mais parfois c'était obscur / des élèves auraient pas pu tout comprendre / je pense déjà que des stagiaires ont pas tout compris et moi des fois j'ai vraiment dû me dire je réfléchis dix secondes et je vois si ça va ou pas

88 L0 Justement par rapport au vocabulaire employé / est-ce qu'il n'y a pas une forme d'esbroufe un peu ?

89 L1 Des beaux mots parce que ça fait joli ? <L0> oui ou même parfois des affirmations un peu provocantes pour frapper ?

90 L1 Oui ça frappe et c'est vrai que ces des choses qu'on retient / comme je disais sur les articles « l'ultime secret révélé » // maintenant lui il n'était pas trop dans ces phrases chocs enfin j'ai pas trop trouvé (...) / maintenant je pense qu'il n'a pas forcément creusé tous les termes qu'il employait pour savoir si c'était bien clair

91 L0 Il savait public il s'adressait là ?

92 L1 Là oui je pense / ça se sentait mais bon il biaisait un peu alors qu'il y avait des personnes qui n'étaient pas forcément si à l'aise que ça et que sur certains points cela aurait mérité de creuser pour essayer de répondre à la question c'est des pseudos forces ou pas ? / Il était parfois infantilisant / peut-être parce qu'il était habitué à parler à des élèves <L0> il avait du mal adapter son discours ? <L1> oui enfin là il faut dire que ça fait un gros écart parce que le manège des forces ils peuvent faire passer des élèves de primaire

93 L0 Là il faudrait presque faire des tests pour savoir si le discours est le même ?
<L1> oui deux enregistrements

Fin de l'entretien.

Annexe III.1.a

Questionnaire QE1

A destination des élèves à propos du document « ET »
(Année 1)

1/ Pouvez-vous répondre à la question ? Donner un ordre de grandeur.

2/ Quel est l'objectif de ce document ? Que veut-on nous montrer ?

**3/ Ce document comporte des détails invraisemblables :
Lesquels ?**

4/ Parmi ces invraisemblances, lesquelles peuvent poser un problème par rapport à l'objectif de ce document ? Expliquer.

Annexe III.1.b

Questionnaire QE2

A destination des élèves à propos du document « ET »
(Année 2)

1/ Pouvez-vous répondre à la question ? Donner un ordre de grandeur.

2/ Quel est l'objectif de ce document ? Que veut-on nous montrer ?

**3/ Ce document comporte des détails invraisemblables :
Lesquels ?**

4/ Parmi ces invraisemblances, lesquelles peuvent poser un problème par rapport à l'objectif de ce document ? Expliquer.

Annexe III.2

Entretiens DEUG A 1^{ère} année A propos du document « ET »

*Chaque entretien fait immédiatement suite à 2 questions papier crayon à propos du document « ET ».
17 entretiens ont été réalisés et retranscrits.*

1

1 Le message à transmettre est que la lumière qui nous parvient à une certaine vitesse ($3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$) et que donc pour arriver d'un objet très lointain à nos yeux elle met donc un certain temps. Par exemple, on peut observer de la Terre une étoile qui explose alors qu'elle a déjà explosé.

2a Pour voir la Terre à l'époque des premiers hommes, il faudrait que la distance soit plus importante entre les 2 planètes.

2b Taille du martien mais ce n'est pas grave.

*Alors, qu'est-ce qu'il y a comme invraisemblance qui vous semble ennuyeuse ?
(Je lis), il faudrait que la distance soit plus importante entre les 2 planètes.
- autre chose qui soit lié au message principal ?*

Autre chose non, autrement, il y a la taille des extra terrestres, mais c'est juste pour illustrer.

2

1- Ce document est proposé dans le cadre du chapitre de l'optique

2a Télescope en l'an 2000

Vous pensez que c'est lié à l'optique ? Vous voyez le titre : une image...en différé. Alors est-ce que l'idée ne serait pas liée « différé » ça veut dire « décalé dans le temps ». Le décalage dans le temps, d'après vous, il est lié à quoi ?

Ben, sûrement, en fonction du soleil, il éclaire...

Le Soleil éclaire la Terre et la Terre envoie de la lumière dans le télescope ?

Oui.

Mais qu'est-ce qu'il y a de différé là- dedans ?

Regardez les commentaires dans les bulles (silence)

Alors je vais vous guider. Ils sont très poilus... donc ça, ça fait comme si ce qui arrivait dans le télescope était émis ...

Ah oui, oui, d'accord !

C'est ça l'idée.

Il y a un décalage entre le temps qui est là, le temps, dû à la distance.
Ben, peut être que ça a quand même été amplifié, le problème, le fait que l'image met autant de temps.

Ah bon, qu'est ce qui vous fait dire ça ? Amplifié par rapport à quoi ? Qu'est-ce qui vous fait dire que c'est tant de temps ?

Par rapport aux tailles, c'est trop.

Par rapport aux tailles...oui, continuez à me dire...

Par rapport aux tailles des planètes...

Si vraiment c'était la guerre du feu qu'on était en train de voir, qu'est-ce qui serait changé dans l'image ?

Euh...l'atmosphère de la Terre.

L'atmosphère ? Je ne la vois pas bien, l'atmosphère de la Terre.

Ah, les continents...à cette époque là.

Ah, vous pensez que les continents n'étaient pas pareils, ce n'est pas idiot. Qu'est-ce qui vous fait dire que ça fait trop de temps... vous ne savez pas ?

Donc, vous pensez que c'est possible de voir la Terre aussi grosse et que la lumière ait mis tout ce temps là, depuis la guerre du feu ? Vous pensez que c'est possible ?

Non.

Les ordres de grandeurs, c'est quoi ? La guerre du feu...

Je pense qu'elle serait beaucoup plus petite que ça.

Parce que...vous avez des idées sur les ordres de grandeurs ? La lumière elle fait...

360 km par seconde...

euh...3600.

3600 ?

Non, j'ai dû me tromper par une puissance de 10.

Les ordres de grandeurs...alors elle fait combien ?

3,6. 10 puissance ...euh 10, peut-être.

Vous ne savez pas bien... ? Non. C'est 3.10 puissance 8 km/s, donc vous n'avez pas l'idée...Donc, si elle fait tout ce chemin en une seconde, la guerre du feu c'était quand même il y a longtemps, donc il faudrait faire un petit calcul pour voir un peu...de voir si je peux voir la Terre si grosse... ça fait un peu bizarre... bon allez...

Ce document doit permettre de se rendre compte des ordres de grandeurs des distances de l'univers. En quel ordre de grandeur on peut parler lorsque l'on étudie les distances entre planètes.
2a Un des extra terrestres dit qu'il voit que les hommes sont poilus alors que de sa place il ne peut pas voir tant de détail. Par rapport au message, cela laisse croire que la Terre est plus proche qu'en réalité.

2b La taille des extra terrestres par rapport à leur planète.

Je lis : - Ce document doit permettre de se rendre compte des ordres de grandeurs des distances de l'univers. En quel ordre de grandeur on peut parler lorsque l'on étudie les distances entre planètes. -est-ce que vous croyez que cela a un rapport avec ce titre : une image en différé ? Parce que « différé » c'est différé dans... ça veut dire quoi « en différé » ?

Mmmmau temps que ça met.

Au temps, d'après vous, et il est évoqué....

Parce que j'avais pas bien...

Ce temps d'après vous il y a des éléments pour...

Non, mais enfin, je pense que c'est par rapport à la longueur, enfin...au temps, enfin, que... que il perçoit l'image parce que quand ça arrive...

Oui...

Et est-ce que vous pensez que l'image peut mettre autant de temps parce que, quand même, la guerre du feu, c'est ...

Non parce que c'est pas des, des ondes

?

L'image, s'il regarde...

Vous avez une idée de l'ordre de grandeur du temps que mettrait la lumière pour venir si c'était la guerre du feu qu'on pouvait voir ?

Année lumière.

Oui ça fait des... des combien d'années lumière si c'est la guerre du feu.....à la louche.. ? Cinq, 10000 ? 2000 ? C'était avant Jésus Christ, la guerre du feu ?

Oui.

Bon. Jésus Christ, ça fait déjà 2000 ans.

Oui ça fait bah, mmmmmille

Au moins 10000 années lumière, bon enfin bien plus...

Vous croyez qu'on pourrait voir la Terre comme ça si elle était à 100000 années lumière depuis la position des extra terrestres ?

Ben... Non, enfin, on les verrait...

Vous croyez qu'on la verrait avec ce diamètre angulaire...les étoiles vous les voyez comment, comme des gros disques, comme ça ?

Ben non, par rapport à...

Elle serait comment, vue de la planète, si elle était...

Plus, plus petite.
Oui, elle serait même de la taille de
Ben... Toute petite, enfin je sais pas

Vous ne savez pas...à 10000 années lumière vous ne savez pas comment on verrait la Terre ?

On la verrait...presque pas

Bon...voilà... ; voyez ce que c'est que réfléchir aux ordres de grandeurs !

4

Rien par écrit

Bon donc est-ce que vous voyez à quoi il sert, ce document ?

Ben, il sert à voir à peu près quelle est la distance qui sépare cette planète de la Terre.

Et ?

En fait, ça montre que la lumière qu'ils reçoivent de la Terre leur envoie une image de la Terre qui n'est pas à la même époque.

Pas à la même époque...Combien d'années avant, ordre de grandeur...un an, trois ans ? 10000ans ?

Je sais plus.

Des milliards ?

Je sais plus.

10000ans ?

Un peu plus

Un peu plus ?

Ou un million ?

Un million.

Dans tous les cas, est-ce qu'il y a quelque chose qui vous gêne dans ce document... ? C'est donc quelque chose qui est parti il y a au moins mille ans, la distance, cela ferait quoi... ? Vous savez comment on compte les distances astronomiques ? Vous n'avez jamais entendu : une étoile est à... ? En kilomètres ?

En années lumière

Vous voyez que vous savez ! Donc, cela ferait combien d'années-lumière si c'était il y a un million d'années ?

Mmm...

Cela ferait un million d'années lumière.

Si c'était un million d'années lumière, ça vous irait, ce document ? Il n'y a rien qui vous gêne ?

(Silence)

Non, il n'y a rien qui vous gêne. Vous croyez que la Terre, qui fait 6400km de diamètre, on la verrait comme ça...comment on la verrait ?

(Silence)

Qu'est que qu'on voit dans le ciel ?

Les étoiles.

Les choses qui sont dans le ciel et qui sont à des années lumière, comment on les voit ?

Comme un petit point.

...et là, la Terre, elle est comme un petit point ? Ça ne vous gêne pas ?

Donc, en fait, ils sont trop près, par rapport à ce qu'ils disent, ils sont trop près de la Terre, on la voit un peu trop bien.

Voilà ! Il ne faut pas se faire avoir par les documents de vulgarisation... Ici, c'est carrément incohérent avec le message.

Oui.

Et ça vous gêne plus, ça, que de voir un petit martien ? Non, je vous pose sérieusement la question, du côté des invraisemblances...est-ce que ça vous gêne que la Terre soit trop grosse ?

Là, ça ne m'a pas vraiment gêné.

Oui mais maintenant que vous avez compris ?

Ben, pour, ben, modéliser, ben, vraiment la distance, c'est vrai que ça pose un problème.

Et les petits Martiens ?

Ben, comme on sait pas si y'en a, c'est un peu invraisemblable.

Mais vous croyez que ça va donner des idées fausses ?

Non, ça fait rien.

C'est pour rire ?

Oui.

Et la Terre, vous croyez que ça va donner des idées fausses ?

Ben, je pense pas.

Ah bon, c'est incohérent avec le message mais ça ne...pas plus que ça, quoi !

C'est pour la modéliser, vous dites, c'est pour monter que c'est la Terre sans ça si cela avait été un tout petit point, ils n'auraient pas vu que c'était la Terre ?

Oui, sans ça on n'aurait pas vu que c'était la Terre, ils auraient juste mis un T ça aurait été moins parlant.

Ca aurait été moins parlant, ça aurait été moins joli. Bien

1 La distance est relatif (*sic*) à l'appareil avec laquelle on la mesure.

2b Les extra terrestres sont seulement cinq fois plus petits que leur planète.

Alors vous trouvez que, le message, c'est que, la distance, c'est relatif à l'appareil avec laquelle on la mesure ?

On a deux personnes qui sont l'un à côté de l'autre et ils ne voient pas la même chose, parce qu'ils n'utilisent pas le même appareil.

Ah vous pensez que c'est ça qui compte ?

Pas le même appareil.. Bon, et quel rapport avec le titre, par exemple...là, le titre, c'est « une image en différé »... ;ça veut dire quoi « différé » ?

Il est... « différente ».

Ah qu'elles sont différentes ?

... pas à la même échelle.....

En fait ce n'est pas « différentes », c'est qu'elles sont différées dans le temps, c'est ça que ça veut dire, hein, donc il y a du temps là- dedans, c'est un problème de temps...et comment il est marqué là, le problème de temps ?

Ah oui, on est soi disant en l'an 2000 et ils voient des Terriens qui sont poilus et qui font du feu, donc.

Bon, donc cela serait combien d'années avant ?

Beaucoup

Beaucoup ...alors le « beaucoup », c'est 1000, 2000, 10000

Un million.

Vous n'y allez pas de main morte...bon, un million, admettons, si c'était votre idée... Et puis, si c'était 100000, ce serait déjà, bon, quelle distance on aurait ? C'est à quelle distance, à ce moment là, que nous serions de la Terre, d'après ce qu'ils disent ?

D'après ce qu'ils disent...

D'ailleurs, c'est la question qu'ils se posent... Si, effectivement, ce que l'on regarde s'est produit il y a un million d'années, ...

Ca ferait un million d'années lumière.

Bien, un million d'années lumière. Dans ce cas là, est-ce qu'il y a quelque chose qui vous choque sur l'image ?

Les continents sont déjà comme on les connaît maintenant, alors qu'ils ont bougé.

Ah bon... la forme ?

La forme.

Ah bon, c'est tout ?

Et puis...ils ont l'air près.

Qu'est-ce qui fait qu'ils ont l'air près ?

Ben, les deux planètes sont pas beaucoup...enfin, il n'y a pas une grande différence entre la taille des deux.

La taille ! La taille globale. Comment je verrais la Terre si je la voyais ?

Comme un point

Comme un point !

Est-ce que ça vous ennuie, euh, vous voyez il y a des invraisemblances, vous voyez, il y a des extra terrestres, bon vous savez, que bon, c'est peut-être bien invraisemblable, là il y a une invraisemblance, c'est que la Terre ne peut pas être si grosse. Est-ce qu'il y en a une qui vous ennuie plus que l'autre ou bien... ?

P'être que oui, la taille.

Ça vous ennuie plus ?

Ben, disons que ça pourrait ... par rapport à la vitesse de la lumière, on pourrait croire qu'elle est...

Qu'elle n'est pas très grande... . C'est ça que vous vouliez dire ?

Oui.

Oui, donc pour un sujet sur les ordres de grandeurs, parce que c'est le programme de seconde, c'est un peu raté.

Un peu.

Un peu raté

Et le martiens vous ennuiant ?

Disons que, là, c'est juste pour montrer la distance c'est pas trop...

Comme ce n'est pas lié à la distance, les martiens, on peut les supporter.

Oui.

6

1 On veut que l'élève se pose la question de savoir comment il se fait que l'an 2000, le martien voit des terriens qui essaient de faire du feu donc de la préhistoire.

2 rien

Est-ce qu'il y a des invraisemblances...

Moi, je ne trouve pas que cela empêche dans la compréhension.

D'accord, bon, je lis : On veut que l'élève se pose la question de savoir comment il se fait que l'an 2000, le martien voit des terriens qui essaient de faire du feu...oui, en fait, qu'il se pose la question.

Qu'il essaye de répondre.

Et, ... oui... pour lui faire passer quelle idée ?

Ben, comment ça ?

Finalement pour faire passer quelle idée, en sortant de là, il doit avoir compris quoi ?

Ben, en ayant compris que c'est la lumière qui met un certain temps pour arriver jusqu'à lui.

Je suis d'accord. Alors, pour ce qui est du message principal, est-ce que vous trouvez qu'il y a des problèmes dans cette euh...

Bon, moi, ce que je remarque, on voit, je vois des planètes, puisqu'on voit des petites étoiles, la Terre est un peu grosse, ...

La Terre est un peu grosse

...mais je ne trouve pas que ça gêne dans la compréhension, moi, je trouve, je sais pas, bon, on distingue bien, on voit bien que c'est un quelque chose de précis, je trouve que ça permet de voir un peu le but de la vision, je vois pas quelque chose qui empêche de comprendre le problème.

D'accord. Vous avez une idée de la distance qu'il y aurait si, effectivement, on voyait la guerre du feu ?

Alors, la vitesse de la lumière, c'est $3 \cdot 10^8$ puissance 8.

Oui.

Donc la préhistoire c'était...je ne suis pas très bonne en histoire, c'est, à peu près un million d'années.

Ben, imaginons un million, même si c'était la moitié ou le quart... Donc, la distance, ce serait...

Ca se compte en quoi... ça se compte en kilomètres ou ?

La distance, moi je la compterais en années lumière.

Bon, vous avez raison. Bon, donc, ça serait combien d'années lumière, en ordre de grandeur

A peu près, comme ça de tête, calcul mental...

Ce que vous venez de me dire tout à l'heure

Un million.

Un million à peu près ? Bon...donc, la Terre est à un million d'années lumière

Ca me paraît un peu gros, mais euh...

Et alors, maintenant, est-ce que ça vous gêne de la voir comme ça, la Terre ?

Bon, enfin, en fait, dans l'image je ne trouve pas ça choquant, bon, maintenant c'est vrai qu'un million d'années lumière ça va être à peine un petit point, quoi.

Voilà, d'accord.

Mais euh, je ne sais pas si ce serait très, euh, très significatif pour l'élève. Parce que, moi, je trouve ça, ... j'aime bien voir la Terre, je trouve, ça fait.. On voit bien de quoi on parle, ça donne un objectif.

Et en même temps, vous avez une bonne connaissance des ordres de grandeurs, vous n'êtes pas dupe.

Oui, il faut dire je sais très bien qu'en fait, on ne la verrait pas comme ça.

D'accord

Si vous étiez professeur, on vous demanderait si vous pensez que vos élèves seraient aussi conscients que cela.

Ca, c'est pas sûr.

7

1 On peut trouver la distance en fonction du temps que met la lumière à arriver à l'observateur.

2-rien

Donc euh, je lis : On peut trouver la distance en fonction du temps que met la lumière à arriver à l'observateur.... Si on connaît ce temps, bon d'accord euh, est-ce que de ce point de vue vous trouvez qu'il y a des incohérences, des invraisemblances dans cette image ?... qui sont un peu gênantes...

Je vois rien.

Vous ne voyez rien d'invraisemblable ?

Silence

Vraiment rien d'invraisemblable ?

La taille des martiens... par rapport à la planète...le télescope aussi.

C'est folklorique ?

Oui

Est-ce que, pour vous, c'est un problème pour comprendre le message ?

Pas vraiment.

Et il n'y a rien d'autre ?

Rien d'autre.

...qui vous gêne.... Comme invraisemblance ?

silence

Bon, on va essayer de se souvenir que c'est un chapitre sur les ordres de grandeur. C'est quoi, l'ordre de grandeur de la distance, d'après ce qu'ils disent ?

Mmmm

Vous venez de dire qu'on peut trouver la distance... Vous, vous m'en parlez, hein ?

Mmm

Alors, comment on fait ?

En fonction de la vitesse de la lumière qu'on connaît

Alors c'est quoi ?

Petit c

Ca vaut combien, l'ordre de grandeur ?

Dans les 300000 km par seconde.

Voilà, ça fait beaucoup. J'ai la vitesse, qu'est-ce qu'il faut que j'aie aussi ?

Le temps.

Le temps. Vous avez une idée, à peu près ? L'ordre de grandeur, à peu près ?

Silence...

Je sais pas... moins d'une minute.

Pardon ?

Moins d'une minute ! moins d'une minute ! Moins d'une minute, ce serait le temps que la lumière mettrait pour venir de cette Terre là ? Vous vous fondez sur quoi ?

Ben, sur les 3000000 par seconde, en mettant... fois soixante, je pense que ça fait déjà pas mal de kilomètres.

Ca fait déjà pas mal Euh, bon là est-ce que j'ai une indication sur le temps dans cette image ?... Regardez les bulles. Et les hommes poilus...D'après vous, est-ce qu'il y a moins d'une minute que les hommes étaient poilus sur la Terre ?

Parce que, moi, j'avais pas compris ça comme ça, j'avais compris en fait que c'était un temps passé que eux observaient la...

Ah bon, et vous avez oublié de lire que la scène se passe en l'an 2000. D'accord.

Bon, vous pensez maintenant que cela se passe en l'an 2000 ? Vous repensez à mes questions et vous dites quoi ?

Bon donc, ça fait beaucoup trop long.

Ca fait beaucoup trop long pour ... quoi ?

Pour que ça passe du temps des hommes préhistoriques à l'an 2000.

C'est beaucoup trop long ... qu'est-ce qui ne va pas ?

C'est la distance.

Ah bon

Le temps est trop long ou bien la distance est...

...est trop courte.

Bon. Du coup, ça vous gêne de la voir comme ça, la Terre, ou ...

Ben, pas vraiment, c'est plus un message qu'il y a à passer que le dessin.

D'accord...mais du point de vue des ordres de grandeurs ?

Du point de vue des ordres de grandeurs, c'est pas correct.

Bon. Mais ça ne vous ennuie pas...d'accord.

écrit : rien

Vous pensiez que c'était une blague ?

Je ne comprenais pas, donc euh, je cherchais une incohérence alors que je trouvais une cohérence, c'est ça, je pensais à la taille de la planète qui était trop petite pour attirer les martiens, y a pas suffisamment de pression pour qu'ils tiennent debout, mais ca y est, j'ai compris ce qu'il fallait voir !!!

C'est à dire une incohérence qui serait plus importante ?

Oui ça c'est une bricole

Donc...

L'intention de celui qui a fait le document, c'est de montrer que les extra terrestres sont si loin que la lumière émise par la Terre met...alors là, la question, c'est que l'être humain est apparu il y a à peu près 200000 ans, je crois, l'homme de Cro-Magnon...

Pour l'être humain on peut remonter à un million, mais pour la guerre du feu ça va être... bon, alors vous vous préoccupez de cette date, alors ?

Et, donc, je me disais que les extra terrestres sont si loin que la lumière émise par la Terre, enfin elle est pas émise par la Terre, elle la ré-émet, elle met 200000 à leur parvenir.

Et ça fait quelle distance ?

Eh ben, 300000km/s.

Mais d'habitude ces distances-là on les compte en quoi ?

En année lumières.

Donc, si tel est le cas, qu'est-ce qui ne va pas ?

Si tel est le cas...euh... ben ...

Est-ce qu'il y a des invraisemblances relativement à ce message ?

Oui, parce que en l'an 2000, j'ai l'impression que la lumière, 200000ans, une année lumière, ça fait je ne sais pas combien de kilomètres, mais, à mon avis, c'est pas cohérent, si c'est en l'an 2000.

Pourquoi, qu'est ce qui n'est pas cohérent ? On peut bien mettre des gens en train d'observer la Terre.

Oui, mais ...

Et voir que ce qu'ils observent est antérieur à la date 2000...

Oui mais, ils sont très très loin. Déjà, je ne sais pas si, physiquement, il y a un problème, parce que pour voir à une telle distance...

Ca vous étonne qu'on puisse voir à une telle distance ?

Oui, pour voir à un tel détail ...

Ah ! les détails ...

A la distance à laquelle ils sont.

D'accord, problème de détail...

Oui. Il n'y a pas un ...

Le fait qu'ils aient un soleil aussi ...

Oui, enfin, un environnement, les planètes rouges et bleues. Mais, il n'y a pas un autre aspect, A part ça ? Si la Terre est à 200000 années lumière ? Cette image... vous convient ?

Si la Terre est à 200000 années lumière...euh en fait oui ! Pt'être bêtement que la Terre elle est trop grosse.

Pourquoi « bêtement » ?

Parce que je n'y ai pas pensé depuis le début !

Bon. Et est-ce que ça vous gêne beaucoup beaucoup !

Ben à vrai dire si elle avait été toute petite petite, j'aurais peut-être saisi plus rapidement...

Le message... et vous vous feriez une image comme ça si vous vouliez expliquer à d'autres ?

Ben je ... le message, parce que je comprends finalement que c'est un problème de temps que c'est reporté à cause de la vitesse, et....

Vous feriez une Terre grosse comme ça ?

Euh Non, enfin je crois pas. Je crois que je ...

Ca vous a gêné vous pour saisir le message ?

Ben, en fait, oui, parce que j'ai mis du temps à comprendre.

Et vous pensez qu'il avait ses raisons le dessinateur de faire ça ?

Enfin, pour qu'on comprenne...Non, enfin je ne comprends pas.

Bon.

9

1 L'extra terrestre qui ne pense pas dit que les terriens sont très poilus et qu'ils essaient de faire du feu. Or la scène se passe en l'an 2000. On peut dire que celui qui propose ce document a l'intention de nous faire parvenir le fait que les terriens ont encore beaucoup de chose à découvrir sur le plan de l'univers.

2 rien

On pourrait croire qu'ils voient les terriens à l'époque préhistorique et donc par ce message, l'auteur fait parvenir le message que les terriens ont encore beaucoup de chose à apprendre sur... encore des choses à découvrir dans l'Univers.

Bon. Vous avez vu le titre : « une image en différé », ça veut dire quoi ?

Dans le temps.

Bon.

Alors le message, c'est qu'effectivement l'image est décalée dans le temps, bon Est-ce que il y a des invraisemblances de ce point de vue-là ? dans l'image ?

Silence

Alors voyez, j'ai classé en deux aspects, les invraisemblances qui seraient connectées à l'idée même de l'image et puis d'autres qui sont sans conséquences. Pour expliquer qu'effectivement on voit dans le passé, comme on dit souvent, est-ce qu'il y a là quelque chose qui est problématique dans le document ?

Moi ce qui m'intrigue, en fait, c'est la scène qui se passe en l'an 2000, je n'arrive pas, et euh...

Ils sont en l'an 2000 et ils voient quelque chose qui est la guerre du feu. Vous avez du mal à comprendre ça ?

Silence

C'est possible ?

Ben, ben non, en 2000, ils essaient de faire du feu mais le feu, on l'a déjà, on n'essaie pas de le faire...

Sur la Terre. Mais ce qu'on voit de la Terre c'est quelque chose qui...

Ce qu'on voit, nous, de la Terre...

Oui, là on n'est pas sur Terre, les martiens, ils voient quelque chose qui était sur la Terre... bien avant ! Comment ça se fait qu'ils voient ?

Le fait que l'image mette 2000 ans à peu près plus !

La lumière met du temps à parvenir...et combien de temps vous croyez qu'elle met cettepour parvenir ?

Ben, plus de 2000 ans, en fait des millions d'années.

Enfin le temps qui nous sépare de la guerre du feu

Bien. Mettons un million d'années. Ça fait un peu beaucoup, mais bon. Est-ce qu'il y aurait quelque chose de gênant dans ce document...qui ne va pas bien avec cette idée ?

Silence...

Ca voudrait dire que la vitesse de la lumière est très faible.

Oui pourquoi ?

Parce qu'elle mettrait beaucoup de temps à parcourir la distance.

Une distance qui ne vous a pas l'air bien grande.

Non.

Est-ce que c'est une incohérence par rapport à ce qu'on sait de la vitesse de la lumière ?

Oui.

**Oui Vous savez que la vitesse de la lumière est 3.10^{10} puissance 8
Bien donc pour cet ordre de grandeur la Terre est trop...trop près**

Oui.

Ca vous gêne dans l'image, ou vous auriez fait pareil pour expliquer ?

Ben, silence.

Pour bien comprendre vous-même, vous l'auriez dessinée comment la Terre ?

Je l'aurais dessinée plus grosse.

Plus grosse ? ah...

Mais si elle est très très loin, vous croyez qu'on peut la voir grosse comme ça ?

Pas par rapport à l'image.

C'est une image...

Ben oui, ben plus petite, ben à la taille ...d'une étoile.

Oui.

Donc si je veux bien les croire, elle est très loin, si elle est très loin, je devrais la voir comme une étoile, et là je la vois grosse.

C'est ce qu'on disait tout à l'heure, elle est trop grosse.

Maintenant, est-ce que ça vous a vraiment gêné pour comprendre cette histoire ?

Non.

Et si vous deviez faire l'image, vous la dessineriez comme ça ?

Non.

Vous feriez comment ?

Avec une petite étoile.

Vous avez une idée, pourquoi il a fait comme ça le dessinateur ?

Il a fait quelque chose qui n'est pas correct ... Qu'est-ce qui l'a poussé à faire ça ?

Le fait qu'on distingue une étoile et la Terre.

Pour qu'on reconnaisse la Terre ?

Oui.

Alors voyez, pour qu'on reconnaisse la Terre, on peut faire une invraisemblance d'ordre de grandeur. Vous sauriez vous y retrouver maintenant.

Oui.

10

1 Il souhaite sensibiliser les lecteurs aux ordres de grandeurs de distance. L'extra-terrestre voit la terre avec l'aspect qu'elle avait lorsque l'humanité émergeait il y a

plusieurs milliards d'années. La planète de l'extra-terrestre se situe donc ... à plusieurs milliards d'années lumière de la Terre.

2a la Terre est bien trop grosse par rapport à la distance représentée ici.

2b la taille des extra terrestres sur la planète.

Bon alors vous avez tout compris. Euh vous lui en voulez beaucoup à la Terre, d'être trop grosse ? Si vous aviez à faire le document, vous feriez pareil ?

Disons qu'on ferait pareil parce que, par rapport à ... ,ça fait quand même plusieurs milliers d'années lumière, si vraiment s'il devait représenter à l'échelle, on ne verrait rien du tout, ça ferait moins qu'un point d'impression à mon avis.

Il y a un avantage à la montrer, c'est qu'on la voit, mais est-ce que l'inconvénient vous paraît important ?

Pour expliquer, euh. Pour une explication, non.

Pour expliquer ... Qu'est-ce qui est préservé dans le message et qu'est ce qui ne l'est pas ?

Ben, disons que ce qui est préservé, au moins on comprend qu'il regarde la Terre.

On comprend qu'il regarde la Terre ... et aussi on peut comprendre un petit peu plus ?

Non, pas vraiment...disons que la Terre, elle est déjà sous la forme Il l'a représentée telle qu'elle est aujourd'hui, donc, euh, elle a pas trop évolué depuis le temps qu'il voyaient à ce moment là, mais ...

Vous voulez dire les continents ?

Les continents ; ... aussi le message « différé ».

Est ce que le message ...Oui aussi puisqu'il dit que les Terriens .

Et par rapport aux ordres de grandeurs ?

Ben, les extra terrestres sont sur une planète minuscule par rapport à eux.

Est-ce que ça vous pensez que c'est bien grave ?

Non, c'est secondaire, c'est « autres aspects »

Et par rapport au message principal, l'ordre de grandeur justement des distances ou de la vitesse de la lumière ? Pour vous, c'est dommageable ou pas ? Cette grosse Terre ?

Un peu quand même. Quelqu'un qui veut comprendre et qui voit une Terre aussi grosse que ça, qui serait aussi grosse qu'une Lune, pour nous en fait...

Bien.

11

Une petite question de compréhension...(Je lis)

Je vois des terriens

Qu'est-ce que ça veut dire ?

Des habitants de la Terre ...(je lis)

Alors : Ce document doit permettre de transmettre un message qui est...l'extra-terrestre voudrait calculer la distance.

Il voudrait la distance...Qu'est-ce qu'il va avoir comme euh...

La distance entre la Terre et la lune

*Ben euh, sauf que ça c'est la Terre, ça c'est n'importe quoi...On ne sait pas où on est, ce n'est pas la Lune...
Qu'est-ce qu'on a comme indication, là ?*

Ben il parle du Soleil

Du Soleil ?

Non, il voit des gens qui sont sur la Terre...

Ah, d'accord !

Au temps de la guerre du feu.. Ca fait combien de temps, ça ? Combien d'années ?

Mmm

Comment ça se fait qu'ils voient des gens de la préhistoire ?

C'est le temps...

Le temps que quoi ?

Mmmm.... Référentiel héliocentrique... le tour de la Terre, c'est ça qui nous indique le temps.

Vous pensez que les Martiens sont censés tenir compte de tout ça ?

Silence

Voyez le titre : une image en différé. Ca veut dire que ce qu'il voit, c'est quelque chose qui s'est passé...

Il y a longtemps.

Il y a longtemps : comment cela se fait que ce qu'il voit... c'est le passé ?

Mmmm ...

Vous ne comprenez pas ?

Si je vois qu'il y a une relation avec le temps

Quand vous voyez...

Il est trop loin !

Et alors, quand on est loin, qu'est-ce qui se passe ?

Quand on est loin on voit un tout petit point.

Quand on est loin on voit un tout petit point, mais qu'est-ce qui me fait penser que je suis loin ?

Il y a le temps de cette distance, donc il y a des siècles.

Le temps...

Le temps qui relie la distance...

Qu'est-ce qui fait que ce temps intervient ?

Il y a pas une relation avec la vitesse ?

Ben peut-être ?

C'est d sur t

Bon, la vitesse est égale à d sur t, donc là ? Ca veut dire que la distance est égale à vitesse fois t. La propagation de... Ils vont envoyer un message ?... Il y a... une vision ? Ils vont envoyer une vision ?

Exacte...

Les Martiens ?

Ils voient avec une loupe...

Avec une loupe, ils vont envoyer...une vision ? C'est un télescope, ça...

Oui, c'est un télescope.

Vous pensez que dans les observatoires, les gens envoient une vision avec leur télescope, c'est ça ?

...quand je vois, j'envoie quelque chose.

J'envoie quelque chose...

Et cette chose, elle va se propager en fonction du temps.

Et cette chose, elle va se propager en fonction du temps...et si vous n'envoyez pas quelque chose, vous ne pouvez pas voir ? ...Ah bon !

Je crois.

Vous croyez.

... j'essaye d'imaginer...

Donc vous pensez qu'ils envoient quelque chose, donc ils ne se contentent pas de recevoir de la lumière ?

Si.

Ah ben ils envoient ou ils reçoivent...ou les deux ?

Alors...euh déjà quand je regarde, je sais qu'il y a quelque chose qui se propage, sinon je peux pas voir.

Vous savez qu'il y a quelque chose qui se propage sinon vous ne pouvez pas voir quand vous regardez.

Exactement.

Mais ca se propage dans quel sens... depuis l'objet jusqu'à vos yeux ou depuis vos yeux jusqu'à l'objet ?

De mes yeux jusqu'à l'objet.

De vos yeux jusqu' ...

Et après ya le retour...

Et après, ça revient ?

Et après ça revient, exactement... Donc et ça ya une vitesse.

Y a une vitesse

Oui

Y a une vitesse en fonction du temps

Ce que vous me dites est intéressant, mais une partie de ce que vous dites est complètement faux.

Mmm...

C'est pas important pour les ordres de grandeurs mais quand vous serez sortie je vous expliquerai ce qu'il y a de faux.

Donc il faut du temps pour le message.

Est-ce qu'il y a quelque chose d'invraisemblable, si le temps est tellement grand, voyez si c'est dix mille ans ou cent mille, est-ce qu'il y a un problème .. ; réfléchissez un peu...

Je vois une image lointaine... floue.

Vous voyez une image lointaine floue et et là ? ;...ça peut être comme ça ?

C'est pas très clair. ...Oui parce qu'en fait, dans la réalité, quand je... quand je vois quelque chose très loin je la vois pas très bien, je vois un tout petit.

Bon

Pas trop clair.

Un tout petit.

Oui.

Vous avez dit deux choses, un tout petit, et pas très clair. Alors là la Terre elle vous semble.. pas toute petite et elle vous semble claire ?

La Terre, elle est grande, quand même

Là, elle est grande...

Oui

Est-ce qu'elle devrait être aussi grande ?

Euh, non.

Pourquoi ?

Ben par rapport à l'autre planète ...

Oui par exemple.

Et.. ; à cause de la distance où elle est, elle devrait être aussi grande ou pas ?

Ah...Donc là la distance elle n'est pas trop...Ah, ils ne sont pas trop loin !

On dirait

Voilà !

Et, et on a vu avant que...théoriquement, on nous explique que c'est la distance que parcourt la lumière pendant dix mille ans ...oui...est-ce que ça va, oui, en conclusion, est-ce qu'elle n'est pas trop près, la Terre ou est-ce qu'elle est trop près ?

Euh...Elle n'est pas trop près

Elle n'est pas trop près ? Donc elle est bien. Dix mille années lumière, d'après vous ?

Sauf que là, ce que je comprends...Elle n'est pas trop près, comme ils voient des...

Quand vous voyez une étoile ou quelque chose qui est à des années lumière, vous le voyez comme ça ? Comme la Lune ?

Non

Et pourtant vous me dites elle n'est pas trop près, moi je... Est-ce qu'elle a l'air d'être à dix mille années-lumière ?

Non

Mais vous ça ne vous gêne pas ?

Si un peu.

Si vous faisiez le dessin, vous le feriez comme ça ?

Non

Vous le feriez comme ça ?

Non

Vous le feriez comment ?

Je ferais la Terre ... un tout petit point.

Comme un tout petit point ;...Vous avez un idée pourquoi le dessinateur lui il l'a faite grosse ?

Parce qu'il appartient, il pense où il vit ça correspond à ce temps-là, ou il vit dans nos jours ? C'est ça que je veux comprendre...

A ce moment là, on ne serait pas en l'an 2000, on serait à la préhistoire, mais si on est en l'an 2000 !

Ah oui, ah d'accord.

Si on est en l'an 2000, ben oui il faut tout regarder, est-ce que ça peut aller ?

D'accord...donc...Si j'étais moi je fais pas ce schéma-là.

Bon

Et puis vous dites « c'est la Terre » avec une petite étiquette.

Oui

Et lui donc il la faite grosse la Terre ... pour quoi faire ?

Pour voir ce qu'il y a à l'intérieur.

Pour qu'on voie ce qu'il y a à l'intérieur, pour que, nous, on la reconnaisse la Terre.

Oui

Vous voyez que pour comprendre une image comme ça...

Il faut beaucoup de raisonnement.

Est-ce que vous croyez qu'un élève de seconde il va comprendre que la Terre est très très loin mais que on l'a faite grosse comme ça pour la reconnaître ?

Peut-être.

Peut-être...

Mais c'est une question très...

Là, ça sort de la physique !

Oui (rire)

Mais là, c'est quand même pour vous apprendre que les ordres de grandeur, ça existe, et que des fois les schémas ne sont pas compatibles et dans votre formation vous devez apprendre ce que c'est qu'un ordre de grandeur, les choses qui sont vraisemblables, celles qui ne le sont pas. C'est pour ça que cet entretien, c'est un vrai petit exercice.

Oui. Très intéressant (rire).

Ca change de ça (autres exercices) mais en fait c'est la même chose...

Oui, mais ça, ça fait réfléchir, imaginer, poser des questions, savoir l'importance de la physique...

Ca vous a plu !

12

1 rien

Bon ça va, vous vous y retrouvez ? Le message c'est quoi ? L'idée ?

Ben...la distance entre le soleil et la Terre

Oui, et qu'est-ce qu'on a comme information ?

On voit que...que, il lui répond qu'il y a des individus donc, sur la Terre

Oui

Et euh on pourrait calculer euh...

Et comment sont-ils ces individus ?

Ben ils sont poilus...

Ce qui veut dire...

Ils sont poilus c'est que...enfin...Je vois pas trop...j'arrive...J'arrive pas à exprimer mon idée, quoi !

Vous n'arrivez pas à l'exprimer...Bon, c'est des hommes de quel temps, de quelle époque ?

De quel temps...

Oui de quelle époque ?

Ah oui ben oui c'est ...c'est dans l'antiquité ! Dans longtemps !

Oui, dans longtemps...et donc c'est pour montrer quoi, cette image ?

Mmmm...Pour montrer qu'il y a une vie sur la Terre.

Mais pourquoi on nous dit...alors qu'on est en l'an 2000, pourquoi on nous dit que c'est des hommes poilus ?

Ben je...je vois pas trop...

Bon je vais vous aider pour ne pas trop...bon.. . Voyez, une image en différé, ça veut dire que...c'est le passé, une image du passé qui a mis du temps pour arriver jusque là.

D'accord.

C'est ça que ça veut dire...

D'accord !

Combien de temps à peu près...vous disiez ?

Je sais pas j'jje doit y avoir...un million d'années je sais pas.

Ouh...si c'était dix mille ans, bon c'est plus mais bon la distance ça vaudrait combien ?

Cent cinquante million d'...

Ca c'est le soleil !

C'est la distance entre la Terre et le Soleil !

Oui mais on n'a pas dit qu'on était sur le Soleil !

Ah d'accord.

Vous savez combien la lumière met de temps depuis le Soleil ?

Une année lumière ?

Depuis le Soleil ?

Non

Huit minutes. Alors là s'il y avait dix mille ans de décalage, ça voudrait dire que la distance ce serait ?

Silence.

Dix mille années lumière, ça fait beaucoup, ça ?

Oui, une année lumière ça fait 9 puissance... quarante sept.

Ouh là là, voyez, voyez, il y en a des choses dans votre calculette ! Mais bon...

Est-ce qu'il y a des invraisemblances là ?

J'vois pas trop.

Bon, voyez pas d'invraisemblance, là ...

Euh...à dix mille années lumière, on voit les choses comme ça ?

Non

Ca ça doit être la vie...par rapport à (*montre le télescope*)

Ah vous voulez dire que ça représente ce que les ET voient dans le télescope, admettons !

Bon, est-ce que vous avez un souvenir de vie courante qui vous rappelle ce phénomène là, à savoir que ... On dit souvent qu'on voit dans le passé... Est-ce qu'il y a un phénomène qui soit un peu du même genre ? Dans ce que vous connaissez ? ... dans votre vie ?

Je réfléchis, je...

Voyez, le signal qui met du temps à vous parvenir, résultat, comme disent les astronomes, on voit dans le passéun truc un peu analogue....Non ?

Silence.

J'sais pas j'arrive pas à...

Vous n'êtes pas habitués à

Non

Vous voudriez expliquer à un jeune vous...

J'aurais du mal, j'aurais bien du mal à lui expliquer.

Déjà ça, vous auriez du mal...

Oui

...à dire la lumière met beaucoup de temps à venir et...

Oh ça non, mais pour lui expliquer ce que ça représente, le dessin, j'aurais du mal à lui expliquer, déjà que je suis timide...

Bon, donc un phénomène, un truc un petit peu du même style, à savoir que...en fait, ça s'est produit d'avance...

Quand vous entendez le tonnerre, vous n'avez pas remarqué que, ce qui nous arrive à l'oreille, ça s'est produit avant ? ... Non ? Vous n'êtes pas dans une région où il y a des orages ?

Si !

Eh bien qu'est-ce qu'il se passe quand on voit un éclair ?

Ben ... on a peur !

Oui, quand on le voit...

Oui

Et puisQu'est-ce qui vous arrive un petit peu après ? ... Le bruit !

(rire) le bruit ...oui ...oui le bruit...

Ah bon, ...c'est que le bruit, il a mis plus de temps que...que ...la lumière...bon Quand vous l'entendez, ça fait déjà un moment que c'est fini...

Oui ...ah mais c'est super...en fait j'avais pas comp...

C'est la même chose avec la lumière...

Oui

Quand ça vous arrive, c'est déjà fini. ... Vous voyez, la physique, c'est aussi mettre des choses ensemble. Pourquoi l'éclair, on le voit tout de suite ?

On le voit.

Ah bon, là aussi, ils voient.

Mmmm

Là, ils nous expliquent qu'ils ne voient pas tout de suite...

Oui

...l'éclair on le voit tout de suite, pourquoi ?

Parce que nous on est sur Terre.

Oui, ...tout près et que la lumière elle va...quand même ...

très vite !

Voilà ! Donc il faut vraiment qu'il y ait de grandes distances pour qu'il y ait un décalage, donc l'in vraisemblance c'est que là, la distance, elle est tellement grande que..., que on ne peut pas voir la Terre comme ça.

Oui

Vous le dessineriez comme ça vous ?

Non

Pourquoi ? Vous mettriez quoi ?

La Terre on ne la représenterait pas comme ça.

Vous feriez quoi ?

Si j'aurais été, sur

sur ce truc-là..

la Terre, je le dessinerais plus petit.

Un peu, beaucoup ?

Beaucoup quand même puisque

Et alors le problème c'est quoi ... Pourquoi lui, il l'a faite grosse ?

Be, c'est euh (montre le télescope)

Ah oui, ...c'est parce que ça représente ..., c'est comme ça que vous le voyez...

Il y a une autre façon de dire c'est que si on met un petit point on ne va pas la reconnaître !

(rire) Ah oui vous avez raison !

ah voilà !

Alors c'est pour quoi ça ? C'est pour faire comprendre quoi, ça ?

A mon avis c'est pour faire comprendre que s'ils arrivent à déterminer l'ordre de grandeur des Terriens, ben, ils peuvent donner une approximation de la distance.

Par quel moyen ?

Ben par exemple, ils peuvent imaginer combien de Terriens...de la Terre jusqu'à la planète...

Combien de temps il leur faudra pour arriver jusqu'à la planète ?

Combien de Terriens il faut pour arriver de la distance à la planète, quoi...

Je ne comprends pas bien votre point...C'est la taille des Terriens qui va compter, ou c'est le nombre, ou ?

La taille, ouais...

La taille...Vous pensez qu'avec la taille on va.... estimer la distance, c'est ça ?

Ben ouais si ...enfin.

Pourquoi ils sont poilus ?

Parce que ça se passe il y a très longtemps.

Pourquoi je suis en train de voir en l'an 2000 quelque chose qui se passe il y a très longtemps ?

Ah oui la scène se passe en l'an 2000

Oui

Mmm...ah oui parce que ...la lumière met un certain temps pour se propager.

Bien ...Combien de temps ? Ils sont en train de suggérer que ça a pris combien de temps ? Euh...beaucoup Beaucoup, oui ... l'ordre de grandeur ?

Euh..ben ça fait y a dix mille ans.

On va dire 10000, c'est plus mais bon, on va dire 10000, donc comme distance ça donnerait quoi ?

Ca veut dire que la lumière...euh...en fait ils voient l'image euh...ils voient l'image des Terriens donc la lumière se propagerait euh leur distance, enfin pour évaluer leur distance connaissant la vitesse de la lumière.

On les compte en quoi les distances d'habitudes pour les étoiles.

En unités astronomiques.

On parle également d'une autre unité...pour les galaxies.

En années lumière.

Bien combien d'années lumière, là ?

Euh, dix mille.

Bon. Est-ce qu'il y a une invraisemblance compte tenu de ça ?

Ben, la Terre est vraiment très grosse.

La Terre est vraiment très grosse. Bon. Pourquoi il l'a faite si grosse ?

Pour que ce soit distinguable sur le dessin.

Bon, bon. Vous feriez pareil ?

Euh...Mmm...ouais... (rire) Non toute façon c'est un...C'est pas difficile de... d'imaginer que le dessin n'est pas vraiment représentatif de la situation.

Et s'il l'avait été, représentatif ? On l'aurait mise comment la Terre ?

C'aurait été un point.

Et alors l'inconvénient ?

Ben l'inconvénient c'est que mmm...c'est que voilà on peut estimer que le dessin est juste et dans ce cas-là, ça casse le raisonnement.

Ah. L'inconvénient de la faire grosse...Ca casse le raisonnement. Ca casse le message.

Oui.

Mais si je respecte le message et que je mets un petit point...

Euh, on distingue pas la Terre.

Bon d'accord, bien, on est obligé de mettre une petite flèche et une étiquette.

Alors, ma dernière question c'est

Est ce que vous imaginez dans votre vie courante, un phénomène qui soit du même type, c'est-à-dire une information qui vous parvient ...alors que c'est déjà fini, quoi, parce que les hommes poilus c'est fini. Dans la vie pas astronomique mais dans la vie courante est-ce que vous avez des exemples qui illustrent la même idée ?

Bien sûr, quand on voit des étoiles dans le ciel, et ben au moment où on les voit...

Oui, mais ça c'est strictement la même idée. Strictement. Est ce que maintenant vous avez des phénomènes analogues mais pas strictement ce phénomène là... d'autres phénomènes ?

Du même type. Un autre exemple où il y a la même idée, l'information met du temps à me parvenir et quand je l'ai, ... c'est fini.

Euh ben ...la communication !

Entre quoi et quoi ?

Et ben entre...je sais pas
Silence.

Vous pensez que ça ne marche que pour les étoiles, ça ?

Non, non ..(rire)... non je en,vois pas.

La communication, ce n'est pas une mauvaise idée, mais quand est-ce que je vais sentir un décalage...

Ben quand les distances sont très grandes.

Si je téléphone...

Si on téléphone à l'autre bout de la Terre !

Bien. Un autre exemple, beaucoup plus simple encore... pas forcément avec la lumière ou avec l'électromagnétisme ?...

Euh...non ...

Bien, alors vous avez déjà vu un éclair ?

Ah oui ! On entend le son après ! Après avoir vu l'éclair.

Quand vous entendez le son, c'est nettement ... fini.

Ben c'est vrai, c'est décalé.

D'accord, et l'éclair...on le voit tout de suite ?

Ben instantanément, compte tenu de la distance, ...enfin la vitesse à laquelle se propage la lumière... qui est négligeable par rapport à la vitesse du son.

Vous voyez comme vous comprenez bien la physique !

14

Ca c'est pour faire comprendre que...

Euh par rapport à la vitesse de la lumière ...on peut voir quelque chose qui en fait n'existe déjà plus.

Voilà ...donc on peut « voir dans le passé » ... les gens disent souvent comme ça. Bien alors, puisque vous voyez tout de suite, ce que je vous demande c'est si le dessin comporte des invraisemblances qui sont ...gênantes ? ...pour le message ...si vous voulez...les invraisemblances du genre couleur des extra terrestres, bon... (rires), des invraisemblances gênantes pour l'idée même, sachant qu'il y en a d'autres qui sont moins gênantes pour l'idée même, mais pour le message-même qu'on veut faire passer, est-ce qu'il y a quelque chose qui vous gêne ?

Ben pour moi non, pas trop, pas rapport à la distance, p't'être, mais ...

Qu'est-ce que vous voulez dire « par rapport à la distance » ?

Que la Terre devrait être plus petite pour voir qu'elle est beaucoup plus loin.

Oui, de combien ?

Euh ben des milliards de kilomètres, des milliards d'années-lumière ...

Des milliards d'années-lumière, si c'était des milliards d'années-lumière ça voudrait dire que ...

Non, non ...

Ca voudrait dire que les hommes poilus ont existé il y a ...

Des millions...

Des millions...des milliards d'années-lumière pour des millions de....Quelle est la correspondance entre le temps écoulé et la distance en années-lumière ?

Silence.

Ouh là...je sais pas.

Ah bon ? Qu'est-ce que c'est une année lumière ?

Une année lumière ? C'est le temps que met la lumière ...

Ca sert à mesurer des temps ?

Non, ça sert à mesurer des distances.

Oui ...On reprend dans le bon sens... C'est donc la distance ...

...que met la lumière pour...

Le...le...La lumière, elle ne met pas une distance...La distance on ne la met pas...on la...parcourt.

(rire)

C'est donc la distance que parcourt la lumière ...pendant ...

Une année.

Ah ! Bon. Alors, si je vois des hommes poilus de la préhistoire, ça fait ...

Des années lumière.

Combien d'années que les hommes étaient poilus sur la Terre ?

J'ai vu ça au bac...

Deux...Deux cent mille ans.

C'est pas idiot...d'accord, ce serait deux cent mille ans...il y aurait deux cent mille années-lumière, oui, comme distance, et donc vous trouvez qu'effectivement la Terre est...

Est un peu grosse.

Un peu ?

Beaucoup ! (rire)

Beaucoup ? Comment elle serait, la Terre, si c'était réaliste ?

On la verrait pas.

Bon

Presque pas.

Presque pas...On voit bien les étoiles...

Oui

Ben, parce que la Terre, ça n'émet pas beaucoup de lumière, ce n'est pas très lumineux...

Ca en revoie un petit peu...

Alors pourquoi il l'a dessinée si grosse le dessinateur ?

Pour faire comprendre que les hommes poilus qu'on voit, c'est par rapport à la Terre. Il nous a bien représenté les continents pour...

Pour qu'on reconnaisse la Terre ?

Oui.

Bon. Vous feriez ça, vous ?

Un dessin de ce genre ?

Pour faire comprendre...

Ouais.

Vous n'auriez pas peur que des élèves de Seconde se plantent complètement sur l'idée-même ?

Ah p't'être qu'en seconde j'aurais pas compris...

Et du point de vue de l'ordre de grandeur de la distance, ils auraient pu la prendre au sérieux, d'après vous ?

Non, je pense pas, quand même.

Vous ne pensez pas quand même ? Donc ça ne vous gêne pas trop de la faire grosse.

Non ça ne me gêne pas trop de la faire grosse, mais du point de vue réel, on n'a pas ça.

Bien. Euh dernière question. Est-ce qu'il y a des phénomènes dans la vie courante qui vous rappellent ce type ?

Dans la vie courante ?

Ce type de phénomène ?

Par rapport aux étoiles, nous on regarde les étoiles...

C'est la même chose vous avez raison, c'est ce qu'on apprend, la vulgarisation...Mais c'est la même chose, la même idée. Mais est-ce que vous avez un phénomène analogue, dans un autre contexte mais avec le même type de chose un peu surprenante, qui pourrait reprendre le même titre sauf que ce n'est pas forcément une image...

Justement par rapport à un son, non ?

Ce n'est pas forcément une mauvaise idée, ça. Est-ce que vous avez...imagineriez une histoire dans la vie courante, où on observe...

Je vois pas trop, là.

Avec un son...

Est-ce que ça arrive qu'on entende un son avec du retard ?

Ben par rapport à l'écho.

Ah ben voilà...l'écho.

Oui

Bon, sauf que vous êtes en même temps l'émetteur...

Et il y a un obstacle.

Bon, et dans un cas où il n'y a pas d'obstacle ?

Par rapport à la distance où on se place.

Où la distance, ça compte...et même ça sert à évaluer la distance...On, dit « Ah ! il est à ... »

Ouais par rapport à v égale ...

Oui. Un éclair.

Ah oui.

Qu'est-ce qui se passe pour un éclair ?

Le temps que la lumière arrive, ...c'est l'inverse ...

Dites moi, qu'est-ce qui arrive en premier ?

La lumière.

Oui

Et elle arrive instantanément, la lumière ?

Non.

Non, mais elle arrive bien avant ...

Le son.

Parce que...

Il y a un décalage.

Pourquoi il y en a une qui arrive plus vite que l'autre ?

La vitesse de la lumière va plus vite que la vitesse du son.

Elle est plus grande...

Et là c'est de la lumière, c'est bien de la lumière mais...

Silence.

L'éclair, je le vois instantanément, mais ...

Mais là la distance est beaucoup plus grande.

15

Bon ce document, c'est pour comprendre quoi ?

Ben c'est pour comprendre qu'en fait la lumière met du temps à arriver.

Combien de temps là ?

Euh, ben...Ben là elle a mis 20000 ans on va dire.

Pas mal, bon, et donc et bon, alors continuez. Ma question c'est : est-ce qu'il y a des problèmes ?

Des problèmes ...fin je dirais, y a pas enfin euhY a pas réellement de problème dans la mesure où si la planète est très très très lointaine, ce qui est possible, il est possible que la lumière mette 20000 ans à arriver.

Oui ...oui ...

Donc 20000années-lumière en l'occurrence.

Oui, oui

Donc ...fin...

Et est-ce que c'est possible que la planète soit à...

20000 années lumière ?

Oui

Oui euh, oui, largement.

Et d'après l'image ?

Ah d'après l'image ah ben non absolument pas. Elle est faite pour pouvoir voir la Terre justement, sur euh, sur le dessin.

Donc vous êtes en train de me dire « on l'a faite comme ça pour la reconnaître ».

Voilà.

Et est-ce que ça vous paraît gênant pour faire comprendre le message ?

Alors c'est sûr que l'image toute seule peut euh peut induire en erreur, mais si le professeur explique pourquoi le dessin a été fait de cette façon-là, à ce moment-là le problème va être réglé assez facilement.

Bien

J pense que y a pas forcément...

Donc c'est ça que vous feriez ?

Oui, j'crois.

Vous expliqueriez ?

Oui parce que ça c'est un dessin qui est je dirais comme une certaine caricature, c'est plus une...illustration.

Vous estimeriez nécessaire d'expliquer quand même ?

Ah oui absolument... parce que comme ça, ça suffit pas. J pense que ..fin, à la limite, non, ...fin, si on est là pour une faire une discussion, j pense à la limite si on était, si j'étais professeur, je pourrais essayer de laisser les élèves chercher quelques minutes...

Exactement ce que je suis en train de faire avec vous...

D'accord (rires) Hein donc j'pourrais les laisser essayer de chercher un petit peu et, et... si je vois que ...

D'accord alors ma question d'après, c'est est-ce que vous voyez un phénomène de votre vie que vous connaissez et qui est du même type que celui-là ? ...analogue, c'est-à-dire que là on vous raconte une histoire qui peut vous servir...qui vous rappelle d'autres...phénomènes.

Donc le fait, ...fin vous parlez du phénomène qui, que, en fait la lumière dissipe, euh...

Ce qu'on cherche à m'expliquer là.

Alors euh (soupir)

Un « c'est comme »...

Oui bien sûr d'accord pas de problème pour comprendre « analogue »

Humm, par exemple, on le voit pas forcément mais quand on tourne le bouton, c'est pas forcément utile, enfin bon, quand on allume le courant, on appuie sur le bouton, la lumière, mettra un certain temps pour s'allumer, que, en fait, le temps est très très court parce que la distance est très très courte mais il y a une différence.

D'accord. Alors maintenant quelque chose que vous pouvez percevoir...

Euhmmm ...comment ça s'appelle, des réseaux, comment on appelle ça ? Des fréquences, fin des radio fréquences des choses comme ça. Ça met un certain temps à se... Ou par exemple, des réseaux par satellites...

Bon, alors on est encore dans l'électromagnétisme, ...avec un autre grandeur ? je vous tire !

Oui, d'accord...

Essayez d'étendre le champ ...

D'accord euh Autre chose que l'électromagnétisme ...euh.... Je ...je...vois pas trop !

Le son.

Le son, oui il y a une vitesse, par exemple dans l'air y s'propage

Et alors, et alors ?

Et que quand on, comment dire, enfin ça fait le même effet que quand euh au niveau de la lumière mais évidemment en plus lent. En fait si on fait un bruit à un endroit et qu'on se met très très loin, on entend un certain temps après !

Il n'y a pas un exemple de ça dans la vie ?

Si, le passage du mur du son. Par exemple un avion qui passe, on voit l'avion avant que, on voit l'avion avant d'avoir le son.

Bon et un cas où on...allez, quand vous entendez un éclair ?

D'accord, pour l'éclair et le tonnerre...donc euh, voilà.

Et alors qu'est-ce qui se passe ?

Qu'est-ce qui se passe ? On voit l'éclair bien avant d'avoir le son.

Et ça, c'est une question de...

C'est une question de vitesse de propagation.

Voilà...Et l'éclair, on a l'impression de la voir instantanément ?

Ben oui, enfin quasi instantanément.

C'est de la lumière, là et on n'est pas dans ce cas là (montre l'image).

Là la distance est, esttrès grande.

D'accord.

Alors cette image, c'est fait pour ?

Bon alors premièrement, en fait, ce qu'il veut montrer, c'est par rapport ...la vitesse de la lumière, c'est-à-dire que si une planète est éloignée la lumière va apparaître, euh, elle met un certain temps.

Combien de temps, là ?

Déjà, c'est des robots donc mmm il y a eu un futur puisque c'est des robots et on sait que...la vitesse.. ;la lumière met des millions d'années à...

Cette légende, elle veut dire quoi ?

Cette légende, elle veut dire justement que les robots qui sont sur Mars en l'an 2000 estiment que la lumière a mis des millions d'années avant d'arriver.

Des millions d'années, c'est le temps qui s'est écoulé depuis...

Depuis ? ...

Depuis quand ?

Depuis qu'ils sont à l'âge du feu, je sais pas.

D'accord! Bon. Est-ce qu'il y a une invraisemblance ?

Oui tout à fait !

Laquelle ?

Oui moi, Mars n'est pas aussi loin de la Terre. Si elle était si éloignée forcément la Terre serait la taille d'une étoile ou même carrément, carrément invisible.

Vous la dessineriez comme ça ?

Bien sûr

Bon Mars ça se voit comme une étoile rouge on voit pas pourquoi de Mars on ne pourrait pas voir des petites étoiles bleues...

Oui mais...elle est petite, là ?

Non, elle est très grosse.

Est-ce que vous le feriez de cette manière, ce dessin?

Non, non, non, je le ferais comme un point, comme si...

Alors pourquoi le dessinateur l'a fait comme ça ?

C'est son choix écoutez euh, c'est son inspiration, simplement.

D'accord. Et vous si vous vous serviez de ce document, comme on le conseille, vous voyez, « document d'accompagnement, Ministère de l'Education Nationale », qu'est ce que vous feriez avec vos élèves ?

Ben la même chose que vous...trouver une erreur.

Bon.

Et est-ce qu'il y a un phénomène, dans votre vie courante qui vous paraît analogue à ça, qu'on avec puisse évoquer les élèves, du genre « c'est comme » ?

Silence.
J'ai pas, j'ai pas d'idée...

Vous voyez : « une image en différé », quand ça vous arrive, c'est déjà fini, quoi !

Silence
Peut-être la ... j'ai pas vraiment d'inspiration, ça...

Vie quotidienne banale...

La vie quotidienne, ...

***Quelque chose qui soit décalé comme ça.
Ca arrive et c'est fini.***

Silence
Le seul truc qui puisse me donner une vision c'est un film, entre les robots, je sais pas
La même chose, quoi, la même image...
Pfouh...Ouais une guerre...

Dans la vie ordinaire ?

Dans la vie ordinaire, non.

Un décalage, pas forcément si grand...

Non, parce que, en fait, quand j'étais petit c'était intéressant de savoir que les étoiles....J'ai toujours rêvé d'avoir un stéréos...
Des choses extraordinaires...

Et dans les choses banales...Bon.

Je comprend pas votre question.

D'accord. Et si vous étiez prof, vous diriez à vos élèves, eh bien c'est la même chose, vous avez déjà vécu des choses analogues, euh..., où il y a un décalage, quand je reçois, c'est fini, une information, quand je la reçois, le phénomène est fini.

Beuh, écoutez j'sais pas. A part un film...moi je sais pas, d'abord, parce que j'sais pas ...des élèves de seconde.

Du genre « c'est comme », ce phénomène, on peut le rapprocher de choses qui se passent dans la vie.

Bien sûr...l'avance technologique, euh...du fait aussi que... Ah oui, d'accord je comprends !! (très vite)
Pourquoi le dessinateur il a fait ça, pourquoi, parce que s'il avait fait un point, il aurait dû mettre une flèche
« Terre » ça aurait fait un peu...

Oui, vous revenez à la question d'avant ?

Deuxièmement,...

Le phénomène analogue...

Le phénomène analogue ?...

Bon, je vais vous le suggérer. Quand vous voyez un éclair, qu'est-ce qui se passe ?

J'ai peur, euh...

Oui, vous avez peur, c'est drôle, il y en a plusieurs qui m'ont dit ça ! Mais le son, on l'entend...

On l'entend ... différencié... Ca dépend de l'endroit où ça se situe aussi ...

Exactement, différencié, comme là, ça dépend de la distance, ça vous permet de calculer la distance.

Oui, si on divise par trois...

Voilà, donc vous faites comme les martiens avec votre éclair.

Mais bon...

Vous faites comme les martiens avec votre éclair, et vous entendez le son...

On peut pas entendre le son dans l'espace !

Avec votre éclair...

Ben oui, d'accord.

Bon, vous entendez le son après ... la lumière... et là les ordres de grandeur comptent parce que, la lumière, on a l'impression que c'est instantané...

Ben heureusement ya une vitesse !

Il y en a une mais...

La preuve grâce à ça on peut voir les premiers instant de l'univers.

D'accord, et là les ordres de grandeurs comptent.

Donc vous vous refusez cette image ? C'est une chose qui m'intéresse.

Beuh pfouh... Si, ... dans le cadre d'un apprentissage, dans le cadre d'un amusement, c'est plus pour montrer, ... en fait c'est très caricatural, c'est plutôt les textes qui sont importants, mais par rapport aux images, c'est vrai que c'est faux.

Euh, d'accord.

Et c'est vrai qu'un élève de seconde aurait plutôt tendance à lire plutôt qu'à se porter sur les images.

Ici c'est sur les échelles de longueurs et sur... c'est pour ça que c'est... Dans un chapitre sur les ordres de grandeur de longueur...

En fait, ce que vous voulez, c'est critiquer le livre ?

C'est savoir comment c'est perçu, figurez-vous qu'il y a énormément de vos camarades qui ne comprennent pas, qui ne captent pas... et d'autre part c'est pour voir la distance que les gens prennent par rapport à une image. Il y en a qui voient tout de suite que la Terre est représentée comme ça parce qu'il faut la reconnaître, c'est pour ça qu'il l'a fait comme ça...

Et l'Amérique, c'est parce que l'Amérique...

... et il y en a plein qui ne réalisent pas la différence d'échelle, que c'est invraisemblable du point de vue des échelles alors que c'est un chapitre « échelles ».

Mmm.

Rien écrit.

C'est fait pour expliquer quoi ?

Alors déjà, comment fonctionne un télescope, d'une part, un télescope ça reçoit la lumière et la lumière possède une certaine vitesse et la scène se passe en l'an 2000, c'est-à-dire que en temps normal les terriens ne seraient plus encore des poilus et qu'ils essaieraient de faire du feu, et euh ...cette époque là... c'est pour montrer à des millions d'années terriennes, que du coup si on faisait un petit calcul, euh ... tout simple...

En années lumières ?

... en années lumière, ça ferait plusieurs milliers, euh, millions d'années-lumière.

Et, est-ce qu'il y a une invraisemblance ?

Euh... Ben puisque c'est... alors qu'ils voient des hommes poilus en l'an 2000...

Ca c'est pas forcément invraisemblable, Pour faire passer le message, c'est pour expliquer qu'ils sont loin, mais, dans cette logique « ils sont loin », est-ce qu'il y a une invraisemblance dans l'image ?

Euh...

Non ?

Euh ... Parce qu'ils sont très loin ils reçoivent une image, qui, enfin une lumière qui revient d'il y a beaucoup plus longtemps.

Oui j'ai compris. Mais maintenant c'est l'image...est-ce qu'il n'y a pas de ce point de vue là quelque chose qui est un peu...un peu bizarre, non ?

Euh ...est-ce que ça représente une planète, euh...

Oui on voit bien que c'est folklo...

Mais est-ce que c'est gênant pour comprendre ce qu'il faut comprendre ? C'est folklorique, mais, est-ce que ça empêche de comprendre ?

Silence.

Oui, quand je parle d'incohérence, c'est quelque chose qui ne va pas bien avec l'idée qu'on vient de dire...

Non parce que proportionnellement la Terre semble très proche par rapport à ...

Oui, bon . Vous la dessinerez comme ça ?

Non, plus petite.

De combien?

Très petite, très petite.

Pourquoi il l'a faite comme ça ?

Oui déjà euh déjà euh... déjà la Terre n'est pas une étoile alors euh ya pas beaucoup de... il aurait du mal à voir, euh...

Bon lui il l'a faite grosse comme ça pour ?

Caricaturer.

Caricaturer ?

Non.

Non, vous avez une idée pourquoi il l'a faite grosse ?...savez pas. Donc vous, vous ne feriez pas comme ça ?

Non.

Est-ce que vous pensez que les élèves vont comprendre, qu'ils vont réagir ?

Comment vont-ils réagir....

Ils vont décoder, ils ne vont pas décoder ?

Ils vont pas décoder !

C'est gênant ?

Plutôt !

Est-ce qu'il y a un phénomène dans la vie courante qui vous rappelle le phénomène qu'on explique là ? On peut percevoir quelque chose qui... n'existe plus ?

Silence.

Les grands télescopes.

Oui, ce sera la même chose... .Maintenant dans la vie banale ?

Ben logiquement non, vu que ce qui est proche euh...

Et avec d'autres grandeurs, puisque ça c'est la lumière mais avec éventuellement d'autres grandeurs.

Eh bien ca serait difficile parce que la lumière c'est la plus grande.

C'est la plus grande ? C'est quoi une grande grandeur ?

Enfin ...physique ... ; enfin c'est elle qui va le plus vite.

Et alors ? Justement, c'est un peu dur d'avoir un ... Est-ce que vous avez des phénomènes qui vont plus lentement ?

Ben les phénomènes aussi qui vont plus lentement c'est ... beaucoup plus facile d'observer !

Oui, c'est pour ça que je vous ai dit « vous ne connaissez pas un phénomène qui va beaucoup plus lentement pour qu'il soit plus facile à observer ... que la lumière...on y arrive...

Le son.

Alors avec le son, vous brûlez .Qu'est ce qu'on a comme ... ?

Le truc différé, quand ça arrive c'est fini...

Les ondes radio.

C'est électromagnétique...Le son ça ne vous dit rien...

Un éclair ?

Ah oui, oui c'est vrai !

Et qu'est-ce qu'il se passe ? Racontez moi un éclair de manière éducative pendant deux secondes...

De manière éducative ... quand on entend le tonnerre.

Oui.

En fait non, quand on voit l'éclair, on entend après le tonnerre, en fait c'est la lumière qui va plus vite que le son.

Et ça ça ne fait pas comme là ?

C'est pas très loin.

Dans le cas de l'éclair c'est pas très loin ?

Les Terriens évoluent entre guillemets...

Ce que je veux dire c'est que dans le cas de l'éclair...Est-ce qu'on le voit après ?

Non.

Donc c'est bien ça, pour les ordres de grandeurs. Donc les ordres de grandeurs ça permet de recalculer un peu tout ça. Avec la lumière il faut un énorme ordre de grandeur là pour que le phénomène soit visible avec la lumière. Et donc c'est un peu incohérent d'avoir une Terre aussi proche ...et puis on a le lien avec les exemples plus banals, comme le son ! Merci !

Annexe III.3.a.

Questionnaire sur le document « ET » À destination des professeurs (QP1)

Le document analysé est proposé (p.12) dans le document d'accompagnement pour la classe de Seconde (programme lancé en 2000), à propos du thème : « Exploration de l'espace ». L'activité proposée immédiatement avant (p.11) est « Construction d'une échelle comparative de longueurs »

- 1) Considérez-vous que ce document soit de nature à motiver les élèves pour un débat utile ? Expliquez votre point de vue.
- 2) Quelles questions poseriez-vous aux élèves pour orienter et enrichir le débat ?
- 3) Ce document comporte des invraisemblances. Indiquez celles qui, selon vous, peuvent avoir des conséquences pour la compréhension du...
 - a)... « message » principal :
 - b)... d'autres aspects :
- 4) Au sujet de ces éventuelles invraisemblances, peut-on justifier le choix du dessinateur (si oui, comment ?) ?
- 5) Si vous étiez le concepteur de l'image, feriez-vous le(s) même(s) choix ? Expliquez votre point de vue.
- 6) Pour élargir le champ d'application de la réflexion amorcée par ce document, pouvez-vous suggérer des situations qui se rapprochent, du point de vue conceptuel, de celle présentée ici, et qui pourraient être analysées avec les élèves à la suite de celle-ci ?
- 7) Autres commentaires ?

Annexe III.3.b.

Questionnaire sur le document « ET » À destination des professeurs stagiaires (QP2) Et intégralité des réponses (N=20)

Ce questionnaire fait suite à une présentation succincte du document « ET ».

1. Proposer 4 questions à poser aux élèves pour exploiter ce document.
2. Préciser s'il s'agit d'une introduction (i) ou d'un réinvestissement (r).

Proposition de questions des stagiaires :

1/

- Pourquoi pensez-vous que l'ET utilise un télescope ? (i)
- A quelle distance estimez-vous la terre de l'ET ? (i)
- Combien de temps estimez-vous que la lumière mette pour venir de la terre ? (r)
- Que pensez-vous de l'expression « plus on regarde loin, plus on voit dans le passé » ? (r)

2/

- A quelle époque l'homme a-t-il essayé de faire du feu ? (r)
- Pourquoi, alors que la scène se passe en l'an 2000, les ET voient les hommes préhistoriques ? (r)
- Quelle grandeur va nous permettre d'estimer la distance ? (r)
- Faites le calcul ! (r)

3/

- En raisonnant sur la durée de propagation de la lumière pourquoi les ET voient-ils des hommes préhistoriques sur Terre en l'an 2000. (r)
- Sachant que la préhistoire se situe environ 50000 ans av J-C, déterminer le nombre d'année lumière entre la Terre et les ET. (r)
- Déterminer la distance entre la Terre et les ET sachant que la vitesse de la lumière est de $3,0 \cdot 10^8$ m/s. (r)

4/

- Quel est l'appareil utilisé par l'ET pour observer la Terre ?
- Donner un ordre de grandeur de la distance séparant les planètes du système solaire.
- Sachant que la vitesse de la lumière est de $3 \cdot 10^8$ m/s en déduire le temps mis par un rayon lumineux pour aller d'une planète à l'autre.

5/

- Reconnaissez-vous la terre si elle était représentée le pôle nord en bas ? (i)
- Quelles sont les grandeurs exprimées par les ET ? Quelles en sont les unités ? (r)
- Grâce à quel phénomène voyons-nous ? Qu'est-ce qui parvient dans notre œil ? Sa vitesse est-elle finie ? (r)
- Connaissez-vous la formule entre la vitesse et les deux grandeurs exprimées par les ET ? (r)

6/

- A quelle époque se déroule la scène observée par les ET ? (Passé, présent, futur par rapport à l'an 2000). (i)

- Pourquoi les ET voient-ils la terre ? (r)
- Quel est le rapport entre la distance Terre-Planète et l'époque à laquelle a lieu la scène sur terre ? (r)
- Pourquoi l'ET pense-t-il être capable de répondre à sa question ? (r)

7/

- La scène se passe en l'an 2000, laquelle ?
- Pour qui se passe t-elle en l'an 2000 ?

8/

- A quelle distance environ se trouve la planète la plus proche de la Terre ? (r)
- Les ET veulent connaître la distance les séparant des terriens. Donner une méthode permettant de mesurer cette distance. (r)
- Les ET mesurent la distance et obtiennent une distance $d = 38$ al. En déduire à quel instant t la scène des terriens allumant un feu s'est produite. (r)

9/

- Qu'observent ces ET ?
- A quelle époque les hommes ont découvert le feu sur la Terre ?
- Expliquer pourquoi les ET voient des hommes préhistoriques sur la Terre alors qu'on est en l'an 2000 ?
- Connaissant la vitesse de la lumière, établir une relation entre distance, temps et $v_{\text{lumière}}$ puis calculer la distance entre la Terre et la planète.

10/

- Quelles sont les planètes du système solaire ?
- D'après vous, à quelle période historique correspond l'observation des terriens faite par les ET ?
- Comment répondre à la question posée par l'ET ?
- Quelle est la relation entre la distance et la période observée ?

11/

- A quelle période la scène se passe sur Terre ?
- En quelle année les ET voient-ils la scène ?
- Combien de temps a mis la lumière pour aller de la Terre jusqu'aux ET ?
- A quelle vitesse la lumière s'est-elle déplacée ?

12/

- A quelle époque l'homme découvre-t-il le feu ?
 - Pourquoi les ET voient-ils une scène se déroulant à cette époque là, alors qu'ils sont en l'an 2000 ?
 - Quelle distance parcourt la lumière en une année ?
 - Comment appelle-t-on cette distance ?
 - Réponds à la question de l'ET.
- Donne le résultat en km et en al.

13/

- Quelle est l'année sur Terre au moment de cette scène ?
- Combien de temps a-t-il fallu à la lumière pour parcourir la distance Terre- Martiens ?
- A quelle vitesse va la lumière ?
- Comment calculer la distance Terre-Planète ?

14/

- De quels hommes semble parler l'ET de gauche ?
- Vivent-ils toujours en l'an 2000 ?

- La lumière se propage t-elle instantanément d'un lieu à un autre ?
- Grâce à tes connaissances en histoire et en physique, peux-tu répondre à l'ET de droite ?

15/

- Ce que voit l'ET est-il en train de se passer ? (i)
- Est-ce que la lumière émise par la Terre arrive dans l'œil de l'ET de façon instantanée ? (i)
- Est-ce qu'il y a un moyen de relier le temps que parcourt la lumière entre la Terre et l'ET et la distance que l'on cherche ? (i)
- Que peut signifier une année-lumière ? (i)

16/

- La description faite par l'ET des terriens vous inspire quelles remarques ? (r)
- Sur quelle grandeur physique réfléchit cette ET ? (r)
- Le deuxième ET pense à une question sur une autre grandeur physique. Connaissez-vous une relation liant les deux grandeurs rencontrées ? (r)
- La planète sur laquelle se trouve les ET est-elle dans le système solaire, dans notre galaxie, au delà ? (r)

17/

- La scène se passe en l'an 2000 pour ET (sic) voit des hommes de Cro-Magnon, pouvez-vous expliquer pourquoi ? (i)
- A quelle vitesse se propage l'image ? (i)
- Quelle est la vitesse de la lumière dans le vide ? (r)
- De quand date la préhistoire ? (i)
- En déduire la distance Terre-Planète. (r)

18/

Prérequis : la lumière se propage avec une vitesse finie.

- Pourquoi, en l'an 2000, l'un des ET voit-il les terriens à l'âge du feu ?
- En supposant que la scène vue par l'ET corresponde à l'an -8000 (je raconte n'importe quoi), répondre à la question « à quelle distance pouvons-nous être de la Terre » ?
- Au même moment (l'an 2000), des terriens observent la planète des ET. Voient-ils la même scène ? Pourquoi ?

19/

- Ce qu'on observe avec une lunette astronomique nous est-il transmis par la lumière ?
- La lumière nous arrive-t-elle instantanément ou met-elle un certain temps pour nous parvenir ?
- Connaissez-vous la vitesse de la lumière ?
- Quelles sont les données qui vous manquent pour répondre à la question posée par l'ET ?

20/

- Que pouvez-vous déduire de ce que voit l'ET dans sa lunette ?
 - Pourquoi ce qu'il voit correspond-il à notre passé ?
 - Il y a combien de temps que les hommes ont appris à faire du feu ?
 - C'était il y a longtemps... Qu'en déduisez-vous sur la distance entre la Terre et la planète des ET ?
- Questions en réinvestissement des connaissances, pour introduire « voir loin, c'est voir le passé ».

Annexe III.4.a.

Questionnaire à destination des élèves A propos du document « Galaxies » (QE3)

- 1) Que cherche à mettre en évidence ce document ?

- 2) Sur quelles propriétés repose la démonstration ?

- 3) Que représentent « les petites vagues » dans l'encadré de droite ?

- 4) En quoi le schéma en bas à gauche ne représente-t-il pas la réalité ?

- 5) Résumez en une phrase ce que vous avez compris de cette explication.

Annexe III.4.b.

Questionnaire à destination des élèves A propos du document « Galaxies » (QE4)

1) Quel message principal ce document est-il censé vous transmettre ?

2) Quelles idées précises devriez-vous comprendre grâce à ce document ?

Au niveau du message principal :

Sur d'autres idées intéressantes :

3) Quelles sont les parties de ce document qui vous aident particulièrement bien à comprendre ? Détaillez.

4) Quelles sont les parties qui vous semblent particulièrement difficiles, confuses ou critiquables ? Détaillez.

5) Si vous étiez le dessinateur, est-ce que vous changeriez quelque chose ? Quoi et pourquoi ?

6) Donnez un avis général sur ce document.

Annexe III.5.

Questionnaire à destination des professeurs stagiaires A propos du document « Galaxies » (QP3)

- 1) Selon vous, quel message principal ce document est-il censé véhiculer ?

- 2) Estimez-vous que ce document est efficace pour transmettre ce message ?
 - Oui, par quels aspects particulièrement ? Expliquez.

 - Non, en quoi et pourquoi ? (quel aspect, quelle difficulté attendue ?)

- 3) Comment et pourquoi modifieriez-vous cette image ?
(Spécifiez pour quels publics et usages : tout public, lecteurs de revue, élèves de...)

Annexe IV.1.

Questionnaire élève : bilan de fin d'année

Préambule : Ce petit questionnaire vise à mieux comprendre l'intérêt, les difficultés, les inquiétudes des élèves de 2^{nde} en sciences physiques. Cherchez à être objectif, et surtout argumentez vos propos lorsqu'on vous en prie. Gardez à l'esprit qu'il ne s'agit en aucun cas d'en faire un règlement de compte ou un plébiscite. En aucun cas ce document ne vise à vous évaluer. Alors jouez le jeu!!!

1/Que pensez-vous des sujets abordés dans le programme de l'année d'une manière générale ?

- ☐ Passionnant
- ☐ Intéressant
- ☐ Peu Intéressant
- ☐ Inintéressant

2/ Parmi les différents travaux réalisés en classe, dire pour chacun quel intérêt vous lui avez porté ?

Les TP-cours :

- ☐ Passionnant
- ☐ Intéressant
- ☐ Peu Intéressant
- ☐ Inintéressant

Les Manipulations en TP :

- ☐ Passionnant
- ☐ Intéressant
- ☐ Peu Intéressant
- ☐ Inintéressant

Les Exercices :

- ☐ Passionnant
- ☐ Intéressant
- ☐ Peu Intéressant
- ☐ Inintéressant

Les activités documentaires :

- ☐ Passionnant
- ☐ Intéressant
- ☐ Peu Intéressant
- ☐ Inintéressant

Les activités sur les documents de vulgarisation :

- ☐ Passionnant
- ☐ Intéressant
- ☐ Peu Intéressant
- ☐ Inintéressant

Les corrections de devoirs ou contrôles :

- ☐ Passionnant
- ☐ Intéressant
- ☐ Peu Intéressant
- ☐ Inintéressant

3/ Parmi les différents travaux réalisés en classe, dire pour chacun si vous l'avez trouvé utile ?

Les TP-cours :

- ☐ Indispensable.
- ☐ Utile
- ☐ Peu utile
- ☐ Inutile

Les Manipulations en TP :

- ☐ Indispensable.
- ☐ Utile
- ☐ Peu utile
- ☐ Inutile

Les Exercices :

- ☐ Indispensable.
- ☐ Utile
- ☐ Peu utile
- ☐ Inutile

Les activités documentaires :

- ☐ Indispensable.
- ☐ Utile
- ☐ Peu utile
- ☐ Inutile

Les activités sur les documents de vulgarisation :

- ☐ Indispensable.
- ☐ Utile
- ☐ Peu utile
- ☐ Inutile

Les corrections de devoirs ou contrôles :

- ☐ Indispensable.
- ☐ Utile
- ☐ Peu utile
- ☐ Inutile

4/ Parmi les différents travaux réalisés à la maison, dire pour chacun quel intérêt vous lui avez porté ?

Les exercices :

- ☐ Passionnant
- ☐ Intéressant
- ☐ Peu Intéressant
- ☐ Inintéressant

Les préparations de contrôle :

- ☐ Passionnant
- ☐ Intéressant

- ☐ Peu Intéressant
- ☐ Inintéressant

Les DM de recherche documentaire :

- ☐ Passionnant
☐ Intéressant
☐ Peu Intéressant
☐ Inintéressant

- ☐ Peu Intéressant
☐ Inintéressant

Les DM sur les documents de vulgarisation :

- ☐ Passionnant
☐ Intéressant

Les DM d'exercices classiques :

- ☐ Passionnant
☐ Intéressant
☐ Peu Intéressant
☐ Inintéressant

5/ Parmi les différents travaux réalisés à la maison, dire pour chacun si vous l'avez trouvé utile ?

Les exercices :

- ☐ Indispensable.
☐ Utile
☐ Peu utile
☐ Inutile

Les DM de recherche documentaire :

- ☐ Indispensable.
☐ Utile
☐ Peu utile
☐ Inutile

Les DM sur les documents de vulgarisation :

- ☐ Indispensable.
☐ Utile
☐ Peu utile
☐ Inutile

Les préparations de contrôle :

- ☐ Indispensable.
☐ Utile
☐ Peu utile
☐ Inutile

Les DM d'exercices classiques :

- ☐ Indispensable.
☐ Utile
☐ Peu utile
☐ Inutile

6/ Parmi les différentes parties du programme lesquelles vous ont le plus motivé(e)s ?

- ☐ Mécanique
☐ Lumière (spectres, lois de Descartes)
☐ Le Temps (phénomènes périodiques)
☐ Les Gaz.

- ☐ Chimie Organique
☐ Chimie atomistique
☐ Chimie Générale (mole, concentration, réactions)

7/ Parmi les différentes parties du programme lesquelles vous ont le plus ennuyé(e)s ?

- ☐ Mécanique
☐ Lumière (spectres, lois de Descartes)
☐ Le Temps (phénomènes périodiques)
☐ Les Gaz.

- ☐ Chimie Organique
☐ Chimie atomistique
☐ Chimie Générale (mole, concentration, réactions)

8/ Pouvez-vous expliquer pour quelles raisons vous avez préféré telle ou telle partie ?

9/ Parmi les différentes parties du programme lesquelles vous ont semblées les plus difficiles ?

- ☐ Mécanique
☐ Lumière (spectres, lois de Descartes)
☐ Le Temps (phénomènes périodiques)
☐ Les Gaz.

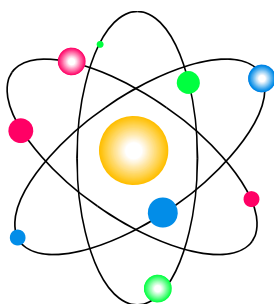
- ☐ Chimie Organique
☐ Chimie atomistique
☐ Chimie Générale (mole, concentration, réactions)

10/ Avis général :

A votre avis que peut-on améliorer et comment ?

Finalement, pouvez-vous expliquer ce que vous avez apprécié et pourquoi ?

11/ Vos ultimes commentaires :



MERCI DE VOTRE COLLABORATION

Annexe IV.2.

Réponses des élèves au bilan de fin d'année (détail par année)

Q1 Sujets abordés au cours de l'année :

Intérêt général	2005 (N=27)		2006(N=33)		2007(N=27)		2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S	S	NON S	S	NON S	S	NON S	S	TOTAL
Passionnant	1	1	0	2	0	1	1	4	5
Intéressant	10	10	19	6	10	6	39	22	61
Peu intéressant	4	0	6	0	8	0	18	0	18
Inintéressant	0	0	0	0	1	0	1	0	1
SR	0	1	0	0	0	1	0	2	2

Q2 Intérêt porté aux travaux en classe :

TP-Cours	2005 (N=27)		2006(N=33)		2007(N=27)		2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S	S	NON S	S	NON S	S	NON S	S	TOTAL
Passionnant	1	0	0	2	0	0	1	2	3
Intéressant	7	11	12	5	13	8	32	24	56
Peu intéressant	5	1	13	1	4	0	22	2	24
Inintéressant	2	0	0	0	1	0	3	0	3
SR	0	0	0	0	1	0	1	0	1

Manipulations	2005 (N=27)		2006(N=33)		2007(N=27)		2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S	S	NON S	S	NON S	S	NON S	S	TOTAL
Passionnant	3	3	5	8	7	4	15	15	30
Intéressant	10	8	18	0	10	4	38	12	50
Peu intéressant	2	1	2	0	2	0	6	1	7
Inintéressant	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SR	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Exercices	2005 (N=27)		2006(N=33)		2007(N=27)		2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S	S	NON S	S	NON S	S	NON S	S	TOTAL
Passionnant	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Intéressant	1	3	3	5	3	3	7	11	18
Peu intéressant	9	8	17	3	9	5	35	16	51
Inintéressant	5	1	4	0	6	0	15	1	16
SR	0	0	1	0	2	0	2	0	2

Activité doc.	2005 (N=27)		2006(N=33)		2007(N=27)		2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S	S	NON S	S	NON S	S	NON S	S	TOTAL
Passionnant	3	0	1	0	0	0	4	0	4
Intéressant	8	7	16	2	9	5	33	14	47
Peu intéressant	3	4	5	1	7	1	15	6	21
Inintéressant	1	1	1	0	2	2	4	3	7
SR	0	0	2	5	1	0	3	5	8

Doc. vulg.	2005 (N=27)		2006(N=33)		2007(N=27)		2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S	S	NON S	S	NON S	S	NON S	S	TOTAL
Passionnant	3	0	2	0	2	0	8	0	8
Intéressant	7	2	11	3	9	3	27	8	35
Peu intéressant	3	10	9	5	3	2	15	17	32
Inintéressant	2	0	3	0	4	3	9	3	12
SR	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Corrections	2005 (N=27)		2006(N=33)		2007(N=27)		2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S	S	NON S	S	NON S	S	NON S	S	TOTAL
Passionnant	0	1	0	0	2	0	2	1	3
Intéressant	1	9	13	7	8	6	22	22	44
Peu intéressant	10	2	8	1	5	1	23	4	27
Inintéressant	4	0	4	0	3	1	11	1	12
SR	0	0	0	0	1	0	1	0	1

Q3 Utilité des différents Travaux en classe :

TP-COURS	2005 (N=27)		2006(N=33)		2007(N=27)		2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S	S	NON S	S	NON S	S	NON S	S	TOTAL
Indispensable	5	8	7	6	8	3	20	17	37
Utile	7	4	13	2	7	5	27	11	38
Peu utile	2	0	4	0	3	0	9	0	9
Inutile	1	0	1	0	1	0	3	0	3
SR	0	0	0	0	0	0	0	0	0

manipulations	2005 (N=27)		2006(N=33)		2007(N=27)		2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S	S	NON S	S	NON S	S	NON S	S	TOTAL
Indispensable	5	5	8	8	5	5	18	18	36
Utile	7	6	15	0	13	3	35	9	44
Peu utile	3	1	2	0	0	0	5	1	6
Inutile	0	0	0	0	1	0	1	0	1
SR	0	0	0	0	0	0	0	0	0

exercices	2005 (N=27)		2006(N=33)		2007(N=27)		2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S	S	NON S	S	NON S	S	NON S	S	TOTAL
Indispensable	3	4	5	4	2	5	10	13	23
Utile	6	6	8	4	8	3	22	13	35
Peu utile	5	2	9	0	7	0	21	2	23
Inutile	1	0	3	0	2	0	6	0	6
SR	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Activités doc.	2005 (N=27)		2006(N=33)		2007(N=27)		2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S	S	NON S	S	NON S	S	NON S	S	TOTAL
Indispensable	1	0	2	0	0	1	3	1	4
Utile	6	7	15	2	11	4	32	13	45
Peu utile	8	5	6	0	6	3	20	8	28
Inutile	0	0	1	0	1	0	2	0	2
SR	0	0	1	6	1	0	2	6	8

Doc. Vulg.	2005 (N=27)		2006(N=33)		2007(N=27)		2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S	S	NON S	S	NON S	S	NON S	S	TOTAL
Indispensable	0	0	1	0	3	0	4	0	4
Utile	6	3	15	5	7	4	28	12	40
Peu utile	7	6	6	3	5	2	18	11	29
Inutile	2	3	3	0	3	2	8	5	13
SR	0	0	0	0	1	0	1	0	1

Corrections	2005 (N=27)		2006(N=33)		2007(N=27)		2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S	S	NON S	S	NON S	S	NON S	S	TOTAL
Indispensable	4	5	11	4	5	3	19	12	31
Utile	5	5	5	4	7	3	17	12	29
Peu utile	5	2	6	0	3	1	14	3	17
Inutile	1	0	3	0	3	1	7	1	8
SR	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Q4 Intérêt des travaux maison :

Exercices	2005 (N=27)		2006(N=33)		2007(N=27)		2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S	S	NON S	S	NON S	S	NON S	S	TOTAL
Passionnant	0	0	1	0	0	0	1	0	1
Intéressant	1	6	3	6	5	5	9	17	26
Peu intéressant	7	6	15	2	6	3	28	11	39
Inintéressant	7	0	6	0	7	0	20	0	20
SR	0	0	0	0	1	0	1	0	1

DM recherche	2005 (N=27)		2006(N=33)		2007(N=27)		2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S	S	NON S	S	NON S	S	NON S	S	TOTAL
Passionnant	5	1	7	0	3	4	15	5	20
Intéressant	8	11	14	4	11	3	33	18	41
Peu intéressant	2	0	4	0	3	1	9	1	10
Inintéressant	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SR	0	0	0	4	2	0	2	4	6

DM vulg.	2005 (N=27)		2006(N=33)		2007(N=27)		2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S	S	NON S	S	NON S	S	NON S	S	TOTAL
Passionnant	0	0	3	1	1	1	4	2	6
Intéressant	6	3	14	1	12	3	32	7	39
Peu intéressant	7	6	6	5	2	1	15	12	27
Inintéressant	2	3	2	0	3	3	7	6	13
SR	0	0	0	1	1	0	1	1	2

DM classique	2005 (N=27)		2006(N=33)		2007(N=27)		2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S	S	NON S	S	NON S	S	NON S	S	TOTAL
Passionnant	0	1	1	4	1	1	2	6	8
Intéressant	3	8	9	3	5	5	17	16	33
Peu intéressant	6	3	9	1	7	1	22	5	27
Inintéressant	6	0	6	0	5	1	17	1	18
SR	0	0	0	0	1	0	1	0	1

Prépa. Interro.	2005 (N=27)		2006(N=33)		2007(N=27)		2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S	S	NON S	S	NON S	S	NON S	S	TOTAL
Passionnant	1	0	1	1	2	1	4	2	6
Intéressant	1	10	10	5	7	7	18	22	40
Peu intéressant	10	0	11	1	8	0	29	1	30
Inintéressant	2	2	2	1	1	0	5	3	8
SR	1	0	1	0	1	0	3	0	3

Q5 Utilité des différents travaux maison :

exercices	2005 (N=27)		2006(N=33)		2007(N=27)		2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S	S	NON S	S	NON S	S	NON S	S	TOTAL
Indispensable	3	2	3	0	3	4	9	6	15
Utile	6	8	8	6	6	3	20	17	37
Peu utile	5	2	11	2	4	1	20	5	25
Inutile	1	0	3	0	5	0	9	0	0
SR	0	0	0	0	1	0	1	0	1

DM recherche	2005 (N=27)		2006(N=33)		2007(N=27)		2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S	S	NON S	S	NON S	S	NON S	S	TOTAL
Indispensable	1	0	3	0	2	3	6	3	9
Utile	9	10	16	4	8	2	33	16	49
Peu utile	3	2	5	0	6	2	14	4	18
Inutile	2	0	1	0	0	0	3	0	3
SR	0	0	0	4	3	0	3	4	7

DM vulg.	2005 (N=27)		2006(N=33)		2007(N=27)		2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S	S	NON S	S	NON S	S	NON S	S	TOTAL
Indispensable	0	0	1	0	0	0	0	1	1
Utile	6	4	15	4	12	3	33	11	44
Peu utile	7	6	6	4	4	4	17	14	31
Inutile	2	2	2	0	2	1	6	3	9
SR	0	0	1	0	1	0	2	0	2

DM classique	2005 (N=27)		2006(N=33)		2007(N=27)		2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S	S	NON S	S	NON S	S	NON S	S	TOTAL
Indispensable	0	1	2	5	2	1	4	7	11
Utile	5	8	7	3	6	7	18	18	36
Peu utile	6	3	11	0	5	0	22	3	25
Inutile	4	0	5	0	5	0	14	0	14
SR	0	0	0	0	1	0	1	0	1

Prépa interro	2005 (N=27)		2006(N=33)		2007(N=27)		2005 + 2006 + 2007 (N=87)		
	NON S	S	NON S	S	NON S	S	NON S	S	TOTAL
Indispensable	5	7	9	5	7	4	21	16	37
Utile	4	5	9	2	8	2	21	9	30
Peu utile	5	0	5	1	1	1	11	2	13
Inutile	1	0	1	0	2	1	4	1	5
SR	0	0	1	0	1	0	2	0	2

Annexe V

Les trois documents étudiés

Le document « ET »

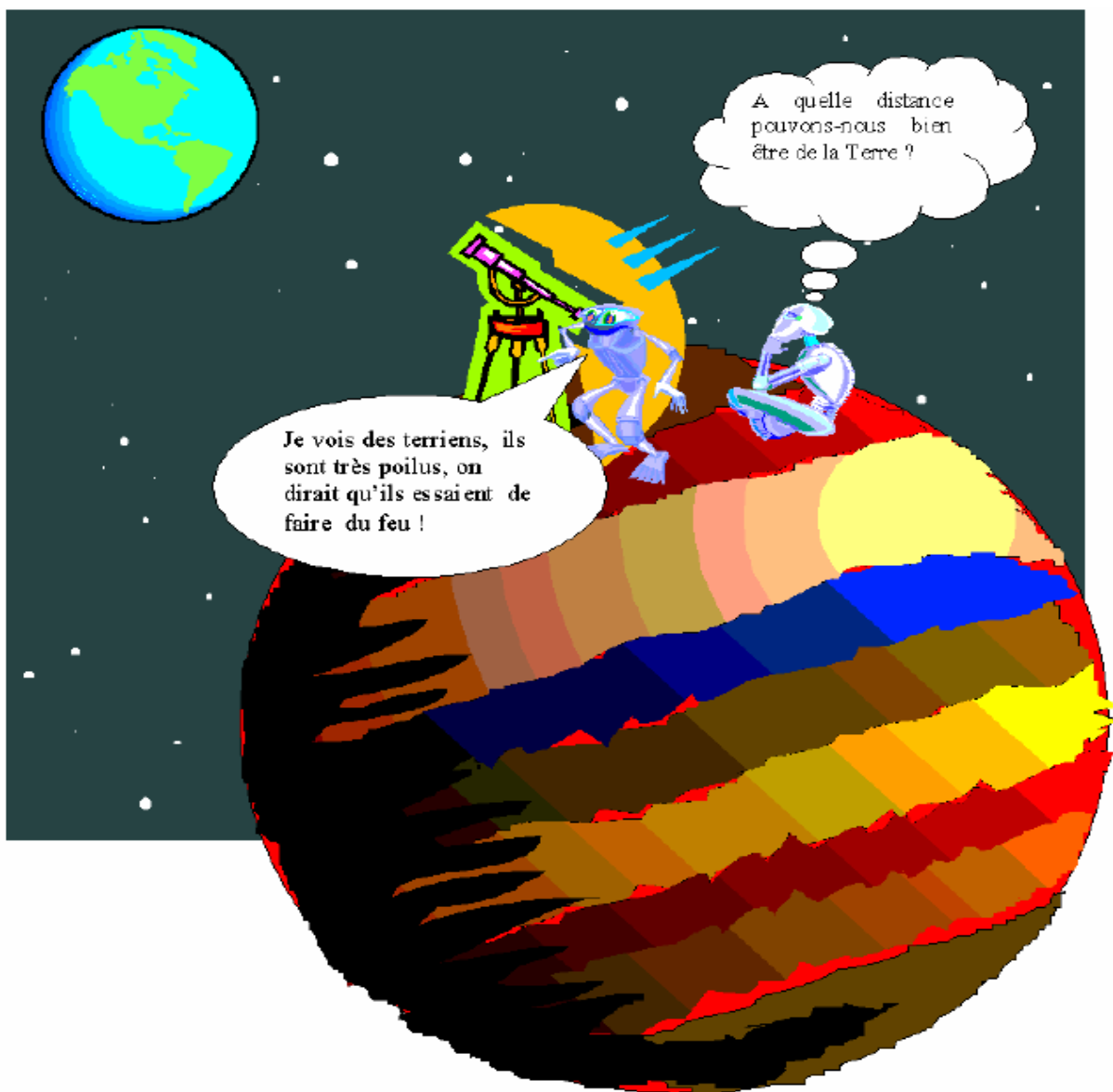
Document d'origine

Activité B2

Une image...en différé !

Cette image peut être tirée sur transparent et rétroprojetée.

Elle pose une situation-problème autour de laquelle on peut organiser une discussion du groupe classe.



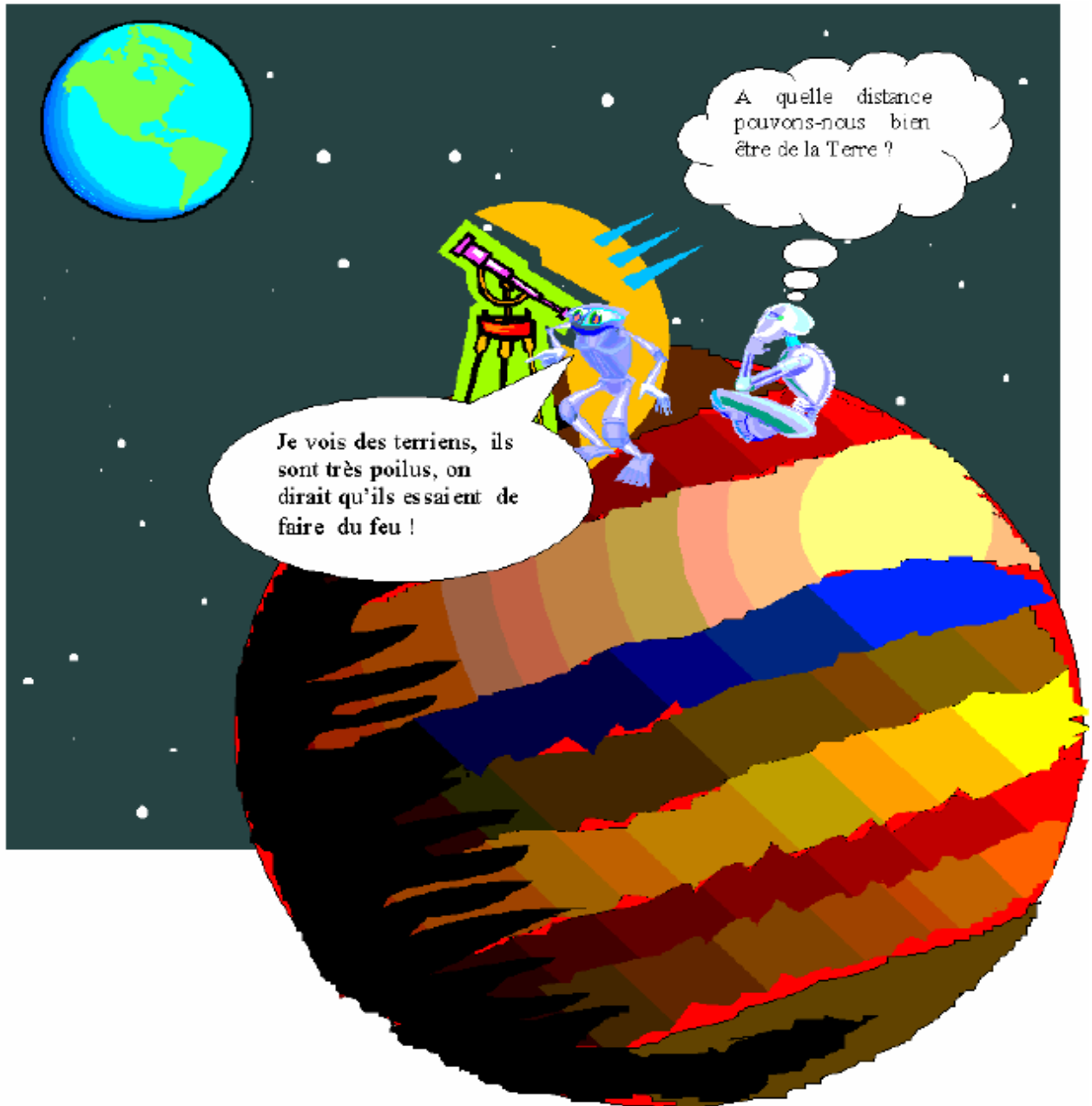
La scène se passe en l'an 2000.

Pouvez-vous répondre à la question que se pose cet extra-terrestre ?

Le document « ET »

Document modifié

Une image...en différé !



La scène se passe en l'an 2000.

On peut se demander si l'extra-terrestre peut répondre à la question. En fait, s'il savait à quelle époque les hommes ont domestiqué le feu, il pourrait en déduire que la Terre se trouve à 300000 années-lumière de cette planète, soit environ 3.10^{18} km. Cela montre que la propagation de la lumière n'est pas instantanée.

Étrange, la lumière des galaxies rougit

Les héros de notre histoire - le super-télescope ZYEUION - est un sacré traqueur de galaxies. Il n'a pas son pareil pour leur faire avouer de quoi se compose la lumière qu'elles nous envoient. Pour chacune, il est capable d'établir la riche identité de sa lumière - son spectre - c'est-à-dire les couleurs dont cette lumière est composée.

1 Dans le labo attaché au ZYEUION, la lampe émet un spectre continu : toutes les composantes de la lumière « blanche » y sont sagement disposées en bandes, du rouge au violet. Cette lumière passe à travers un nuage d'hydrogène. On photographie de nouveau son spectre. Surprise ! il a changé : des couleurs manquent à l'appel, remplacées par des raies noires. Aucun doute, les couleurs manquantes ont été absorbées par l'hydrogène. C'est le spectre d'absorption de l'hydrogène : il rattrapierait qu'à lui, c'est sa signature indélébile.

Spectre de la lumière émise par la lampe

Nuage d'hydrogène

Spectre d'absorption de l'hydrogène

Spectre de la galaxie A

Spectre de la galaxie B

2 La nuit, à des milliards de milliards de kilomètres, une galaxie A, ZYEUION lui soufre un peu de lumière, après qu'elle a traversé un nuage d'hydrogène en goguette dans l'espace. Même chose pour sa sœur jumelle, la galaxie B. On pourrait s'attendre à ce qu'on observe en labo. Nenni ! Le spectre de la galaxie B est décalé d'un bloc vers le rouge (c'est-à-dire vers l'extrême rouge du spectre) par rapport à celui de A, et encore plus par rapport à celui du labo ! Le spectre de A n'est pas non plus superposable à celui de l'hydrogène réalisé sur terre : il est lui aussi, mais dans une moindre mesure, déporté vers le rouge. Diable ! ZYEUION aurait-il une poussière dans l'œil ?

Les galaxies rougissent parce qu'elles semblent nous fuir

(fréquence plus élevée = longueur d'onde raccourcie). Quand une s'empare, son point plus grave (fréquence plus basse = longueur d'onde plus grande). Même chose avec une source lumineuse, galaxie ou simple lampe, ainsi que l'explique le dessin ci-dessous.

1 Une lampe immobile répand ses rayons de façon identique en direction des deux bonhommes. Si l'on décompose cette lumière, on obtient son spectre (1) : c'est la bande arc-en-ciel sous le dessin. Les deux observateurs « voient » le même spectre.

2 L'ampoule est mise en mouvement... et les deux observateurs ne verront plus la même chose si leurs yeux étaient ultra-sensibles. Les rayons « se tassent » dans le sens du mouvement, du côté du bonhomme de droite. Autrement dit, l'œil verra passer plus de vagues de lumière en une seconde. En termes scientifiques, on dit que la fréquence augmente (ou que la longueur d'onde diminue, c'est kif-kif). Traduction sur le spectre 3 : la lumière est décalée vers le bleu, vers les ondes de longueur plus courte. En revanche, pour le bonhomme de gauche, la lumière « fuit », les rayons s'écartent : la longueur d'onde augmente, elle se décale vers le rouge (spectre 2). Si nous appliquons l'effet Doppler-Fizeau à nos galaxies rougissantes, la conclusion tombe, imparable : les galaxies semblent nous fuir.

avril 2001 L'ESPACE

L'ABC de la matière

Étudier la matière, tenter de reproduire les conditions du big bang : les physiciens travaillent sur le sujet, à l'aide de machines impressionnantes, les accélérateurs de particules.

Au départ, l'Univers n'est qu'une purée de **particules**. Puis les atomes, et plus tard de grandes structures célestes, vont apparaître.

Comment la matière va-t-elle donc s'organiser ? Pourquoi les particules, puis les atomes vont-ils s'assembler ? Grâce à l'abaissement de la température de l'Univers, les quatre forces physiques vont pouvoir se mettre en place. La force faible provoque la radioactivité, la force nucléaire soude les noyaux des atomes, la force électromagnétique assure la cohésion des atomes. Quant à la force de gravité, elle est celle qui attire les masses les unes vers les autres. Sans elles, les étoiles n'auraient pu se constituer et ne seraient qu'un éparpillement de poussières.

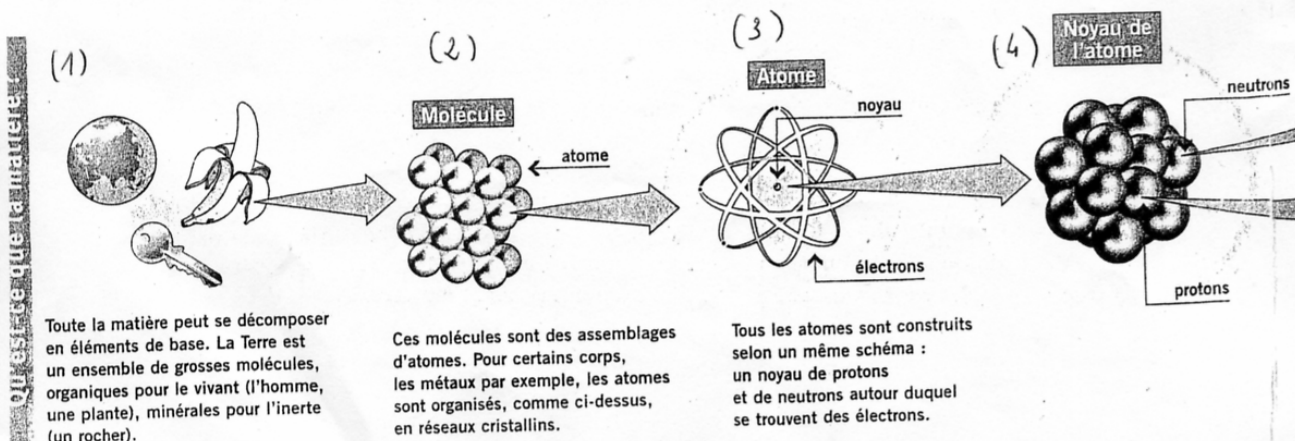
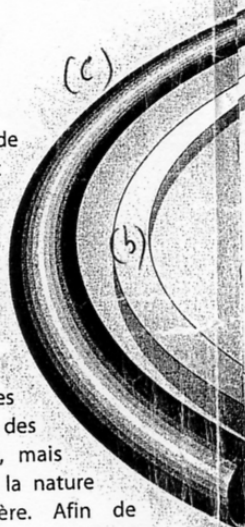
L'Univers est partout régi par ces forces physiques immuables. C'est du moins ce

que les chercheurs constatent dans sa partie accessible à leurs instruments.

Au cœur de la matière

Pour les physiciens, l'Univers est le fruit d'une grande concentration d'**énergie** et les étoiles ne sont que d'énormes regroupements d'atomes et de particules. Comprendre l'infiniment grand revient en fin de compte à connaître l'infiniment petit, l'infiniment énergétique. Pour mener à bien leurs recherches, les physiciens ont recours à des machines étonnantes : les accélérateurs de particules. Le plus grand d'entre eux, le LEP (*Large electron positron*) se trouve près de Genève. Là, les chercheurs du CERN passent le plus clair de leur temps à provoquer des « chocs » entre particules au repos, ou lancées à pleine vitesse. Une

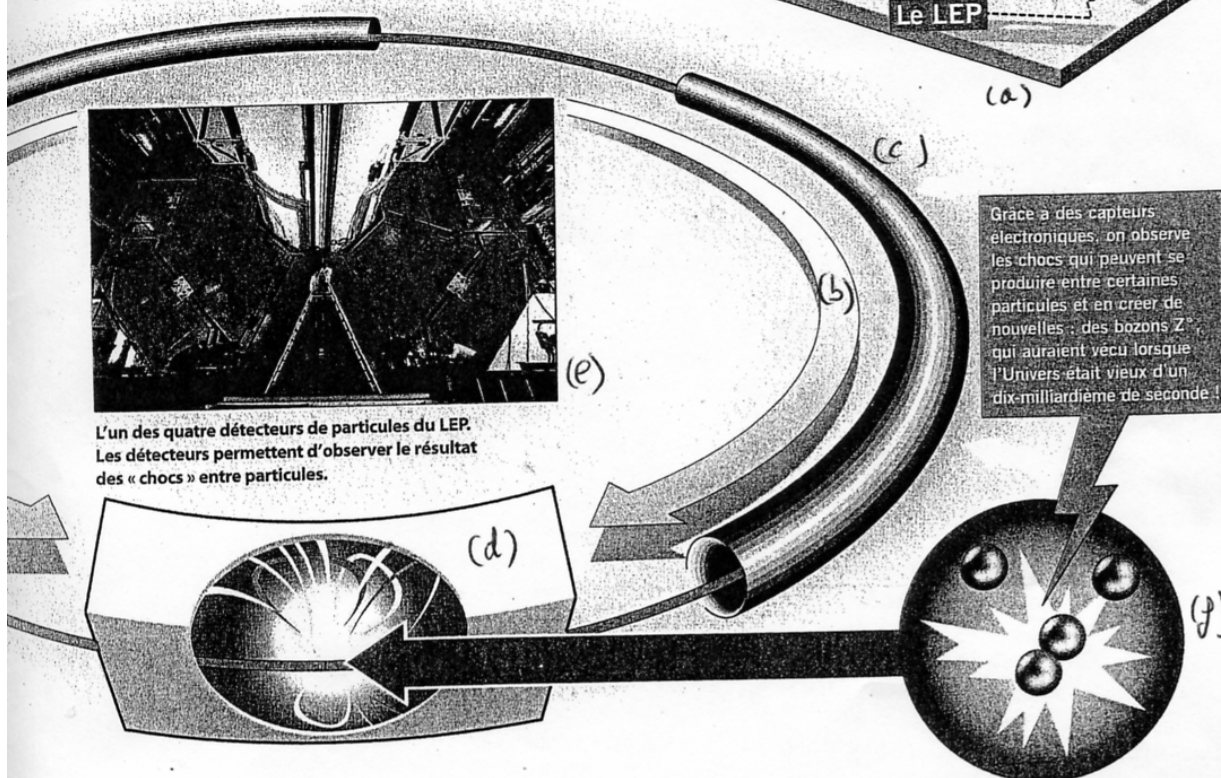
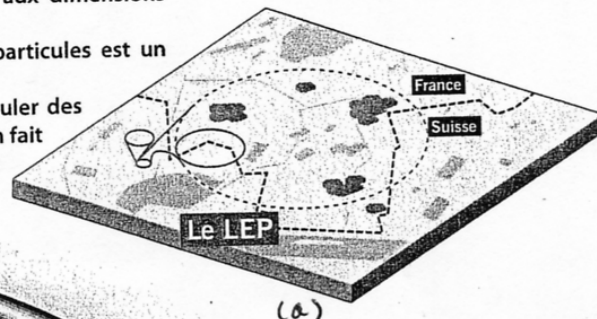
vitesse proche de celle de la lumière. Ils peuvent ainsi étudier la matière et l'énergie dans des conditions où elles sont intimement reliées, des conditions supposées être proches de celles du big bang. Objectif de ces expériences : l'étude des origines de l'Univers, mais plus encore celle de la nature intime de la matière. Afin de poursuivre ces recherches sur l'infiniment petit, la construction d'une autre machine encore plus grande et plus sophistiquée est déjà engagée. Il s'agit du LHC (*Large hadron collider*) qui devrait entrer en service vers l'an 2002. ●



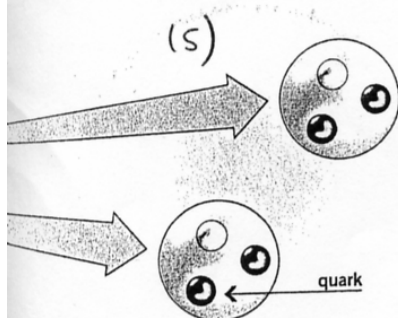
Le plus grand accélérateur de particules du monde

Situé à la frontière franco-suisse, Le LEP (*Large electron positron*, en français : grand collisionneur d'électrons et de positons) est une machine aux dimensions impressionnantes.

- À une centaine de mètres de profondeur, cet accélérateur de particules est un gigantesque anneau de 85 km de circonférence.
- Dans un tube de quelques centimètres de diamètre, on fait circuler des particules (**protons** et antiprotons ou positons et **électrons**), que l'on fait accélérer à l'aide de puissants champs magnétiques (créés par des électro-aimants).



L'un des quatre détecteurs de particules du LEP. Les détecteurs permettent d'observer le résultat des « chocs » entre particules.



Les protons et les neutrons sont constitués de quarks.

Les mots clés

Particule : entité physique à laquelle correspondent des propriétés bien précises (charge - positive ou négative -, masse...).

Proton, neutron : particules constituant le noyau de l'atome.

Électron : particule localisée autour du noyau.

Photon : « grain » de lumière.

Antimatière : c'est le miroir de la matière. Un anti-électron est un « électron positif » que l'on appelle positon ou positron.

Énergie : l'énergie peut se transformer en masse et inversement. C'est la découverte d'Einstein, résumée par sa célèbre formule $E = mc^2$. L'énergie (E) est équivalente à une masse (m), dans des conditions de très grandes vitesses, proches de celle de la lumière ($C = 300\,000\text{ km/s}$).

TITRE : USAGE SCOLAIRE DE DOCUMENTS D'ORIGINE NON SCOLAIRE EN SCIENCES PHYSIQUES: Eléments pour un état des lieux et étude d'impact d'un accompagnement ciblé en classe de seconde.

RESUME :

Compte tenu des incitations officielles à mettre les élèves en contact critique avec les modes de transmission non scolaires de la science, ce travail se consacre à l'un d'entre eux : les documents de vulgarisation écrits en physique. Le propos est de ne pas se limiter à leur éventuel pouvoir de motivation par éveil de la curiosité, et d'envisager leur usage en classe dans une perspective impliquant le développement conceptuel. Après un recueil d'éléments d'état des lieux sur les pratiques en cours sur ce plan auprès d'élèves et d'enseignants, l'expérimentation d'une séquence d'enseignement a été mise en place en classe de seconde, trois années de suite. Cette séquence, qui se déroule en trois épisodes de deux heures répartis sur l'année et implique des notions du programme, prend le parti d'une perturbation minimale du cursus classique. Un accent important y est mis notamment sur l'aptitude des élèves à hiérarchiser les éléments d'un document papier avec images du point de vue des risques que ceux-ci impliquent pour la compréhension du message principal. Egalement pointée par l'étude : la tendance à la « réduction scolaire » qui ramène ce message ou les activités envisageables à son propos aux stricts rituels scolaires. Outre les évolutions positives observées trois années de suite chez les élèves sur ces plans, en contraste avec le pessimisme enseignant, les commentaires analysés suggèrent fortement une articulation entre analyse critique conceptuelle et satisfaction intellectuelle des élèves, un fait qui souligne l'intérêt de futures recherches sur ce plan.

MOTS CLEFS

Didactique, Physique, Vulgarisation scientifique, Enseignement, Ressources non scolaires, Réduction scolaire, Analyse critique.

Université Denis DIDEROT Paris VII

Laboratoire de Didactique des Sciences Physiques

Ecole doctorale « savoirs scientifiques : Epistémologie, Histoire des Sciences, Didactique des Disciplines ».